環境技術実証モデル事業

山岳トイレ技術分野

山岳トイレし尿処理技術
実証試験結果報告書

平成２０年３月

実　　証　　機　　関：社団法人　沖縄県環境整備協会

環 境 技 術 開 発 者：株式会社　ミカサ

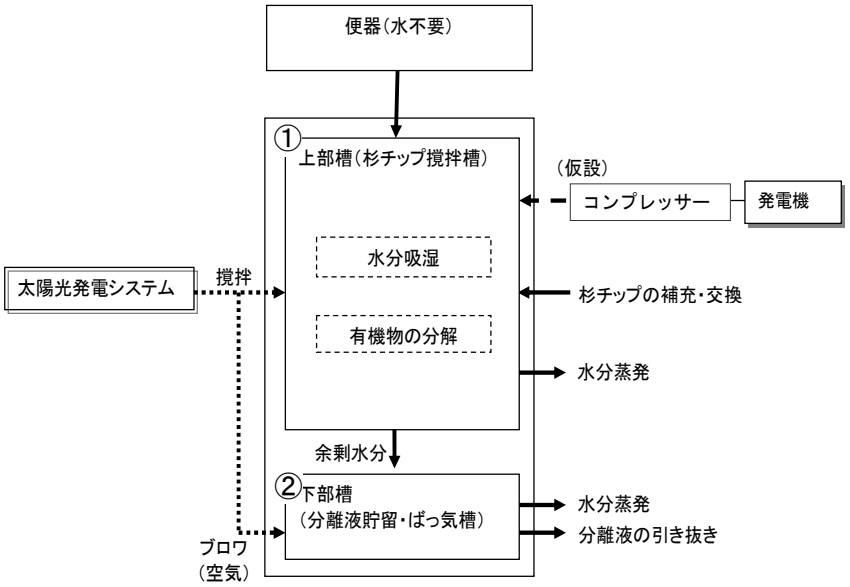
技 術・製 品 の 名 称：自然エネルギーを利用した自己処理型バイオトイレ

バイオミカレット （コンポスト処理方式）

1．社団法人沖縄県環境整備協会

し尿処理方式*1）	生物処理方式
実証機関	（社）沖縄県環境整備協会
実証申請者/環境技術開発者	（株）ミカサ
技術名	自然エネルギーを利用した自己処理型バイオトイレ

注*1）実証試験要領で定義したし尿処理方式の分類名称を記載。

（1）実証装置の概要	
装置の特徴	本装置は、水を必要とせず、太陽光発電のみを想定した技術である。 し尿処理方法としては、し尿中の水分を木質系資材に移行して蒸発させ、同時に撹拌を行うことで好気性微生物による分解作用（好気性発酵）を期待する仕組みである。このような技術においては、杉チップ槽内水分の偏在を防止するための混合・撹拌機能が重要であり、加えて、余剰水分を下部槽に移行し、ばっ気することとしている。 なお、処理槽を加温するためのヒーターを装備しているが、試験地域が温暖であるため、今回はヒーターは使用しないという前提条件で実証試験を行った。
し尿処理フロー および解説	杉チップが充填された①上部槽（杉チップ撹拌槽）においてし尿を撹拌・混合し、空気を送りこむことで、好気性微生物による分解を行う。 処理槽は2階層になっており、杉チップ撹拌槽の過剰な水分（尿）を分離して②下部槽に落とし、その下部槽内にてばっ気を行うことで、酸化を促進し、腐敗による悪臭を抑制する。 上部槽に水分が過多になった場合に備え、コンプレッサーと発電機を仮設で利用できることとしている。 

(2)実証試験の概要

①実証試験場所の概要

設置場所	沖縄県竹富町　竹富島
地域名	カイジ浜(離島・海浜)
トイレ利用期間	通年利用

杉チップ
撹拌槽内部

トイレ外観1

トイレ外観2

大便室内観

②実証装置の仕様および処理能力

項目	仕様および処理能力	
装置名称	名称:バイオミカレット	
設置面積	3,895 ㎡ (W:1,900 mm×D:2.050 mm)　※処理装置の設置面積とする。	
便器数	共通:大 1、男性:小 1	
処理能力等	利用回数	(平常時:50 回/日)(利用集中時:100 回/日)
	水質等	(非該当)
	必要水量	不要
(設計・仕様)	必要電力	(必要電力: 0.636 kWh/日)
	必要燃料	(種類: 不要)(使用量: －)
	必要資材	(種類:杉チップ材) (使用量:600L 3ヶ月に 1 回、杉チップ材 10L(1000 円)を補充)
	稼動可能な気温	(10℃ ～ 40℃ (ヒーター未使用時))
	専門管理頻度	(4 回/年)
	搬出が必要な発生物	木質残渣:産業廃棄物として扱う場合約 2 万円(沖縄本島にて処理) (竹富島からの運搬費、作業費、容器代等 7 万円)

（3）実証試験結果

①稼動条件・状況

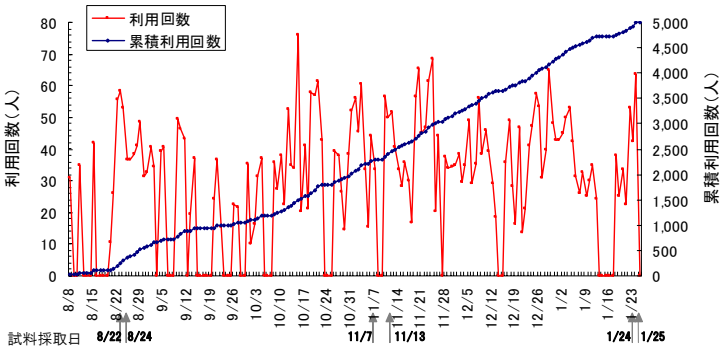
項目	実証結果
実証試験期間	（試験期間：平成 19 年 8 月 8 日～平成 19 年 1 月 24 日（170 日間））
利用状況	（利用者数合計：4,990 回（170 日間））
	（集中時：最高：76 回 /日、平均：52.1 回/日（7 日間））
	（全体平均：平均：29.4 回/日（170 日間） 38.1 回/日（トイレ利用可能日 131 日当り））
ペーパー	使用済みペーパーの取り扱い：（ 便槽投入 ）
気象条件	気温（最高：33.0℃、最低：17.0℃、平均：28.3℃） 湿度（平均：73.5%、最低 39.0%） 日照（平均：4.35h/日 前年比 86.8%）
使用水量	（初期水量：0 ㎥、補充水量： — ㎥）
使用電力	（設備内容：装置稼動（撹拌モーター、ブロワ、排気換気扇、室内蛍光灯）
	（使用量：平均 0.43kWh/日）
搬送方法	燃料、発生物等の搬送手段（ 車、船舶 ）

②維持管理性能

項目	実証結果
日 常 管 理	内 容： トイレ室内の点検（チップの状態、室内の清掃状態、室内の清掃状態、カウンター数値、バッテリー残量確認、媒体内の温度）
	（作業量：1 回あたりの作業 1 人 30 分、実施頻度 毎日）
専 門 管 理	内 容：全般的な点検事項、杉チップの状態確認、単位装置の点検
	（作業量：1 回あたりの作業 1 人 約3時間、実施頻度 4 回／実証期間）
ト ラ ブ ル	内 容：12/13・1/12 撹拌時に異常音が発生、 1/25 撹拌アームが折れたことを確認
	対処方法：異常音に対しては、チェーンの緩みを調整。撹拌アームの折れは、破損部位を取り除き稼働を継続。
維持管理の作業性	■日常管理は基本的に容易であるが、確認作業をより正確にするため、以下の点が指摘された。 ・上部槽内の杉チップ量を確認するため、撹拌アームに目印をつけることが望ましい。 ・団子状の塊になった杉チップを粉砕するための専用の道具が必要である。 ■専門管理として指摘された主な内容を以下に示す。 ・媒体内温度を常時確認する必要があるのであれば自動測定の設置が望ましい。 ・上部槽に点検用の開口部がないため、作業が容易でない。 ・バッテリーの確認について、チェックするランプの場所を明確に示してほしい。
マニュアルの信頼性	■読みやすさ、理解しやすさについては「よい」という評価であったが、正確性や情報量については以下の点が指摘された。 ・日常管理が必要な部位について、具体的に説明する必要がある。 ・杉チップの性状を適切に判断できる基準があれば、補充・交換が容易に判断できる。 ・装置の緊急停止方法を明確にする必要がある。

利用者数および維持管理状況グラフ

期間中のトイレの利用者は 4,990 回で、最大利用回数は 76 回／日となった。また、利用者がもっとも多い 7 日間の平均は 52.1 回／日であった。右図の 0 値は、カウンターのイタズラが確認された日と休業日である。なお、平常時の処理能力 50 回／日であるため、全体の平均利用回数から判断すると 6～8 割程度の負荷状態であったことが分かる。



③室内環境

トイレを利用した人に対して実施したアンケート結果を以下に示す。

（アンケート実施日：8/22，12/6～8，1/24～25 アンケート回答者数 59 件）

・トイレ室内臭気：「許容範囲内である（91.5%）」、「どちらともいえない（6.8%）」

・トイレ室内の明るさ：「許容範囲内である（78.0%）」、「どちらともいえない（20.3%）」

・便器の中で装置が動いていることについて：「許容範囲内である（81.4%）」、「どちらともいえない（18.6%）」

④処理性能

（連続利用について）

本装置の利点は水を必要としないこと、ある程度の日照時間は必要となるが太陽光発電のみで稼動できることである。今回の実証期間においては日照時間が例年より少なかったことから、厳しい発電状況となり、発電できないまま利用した日も複数あったが、利用者に対して悪影響を及ぼすことなく運転することができたことは貴重な実績である。

ただし、利用者が多く気温も比較的高い時点で杉チップが水分過多の状態となったため、分離液の引き抜き及び杉チップ材の補充を行った、分離液の引き抜きは、期間中計 5 回（308L）実施した。

（水分調整について）

一般的には、水分過多の場合はヒーター等を用いて強制的に蒸発させる場合が多いが、今回の実証試験においては申請者の希望により、ヒーターを使用せずに実施した。利用が集中する 11 月までは、杉チップ材の補充や、分離液を複数回引き抜くことが必要となったが、その後 12 月以降は杉チップ材の補充等は必要なかった。これは、夏季の気温が 30℃近くあり、湿度が約 80%あったものが、11 月からは気温が下がるとともに湿度が 70%程度まで低下したことにより、水分が蒸発したものと考えられる。

本装置において杉チップ材の含水率の適正値は 60～65%（申請者提示値）であるが、設置場所の湿度が常に高めであるなどの要因により、試験期間中においては概ね 70%前後であり、75%程度になると水分過多の状態になったことが確認された。

（臭気について）

上部槽内および換気扇付近において臭気を測定した。3 回の試験中、2 回はアンモニアと硫化水素のいずれも非常に小さい値、もしくは検出限界以下の値であった。なお、利用集中時において 8ppm のアンモニアガスが換気扇より確認された。

上部槽内は、撹拌作用と下部層からのエアーにより好気状態となり、酸化が進んでいたことが確認された。また、下部層では、ブロワによるばっ気でアンモニアの硝化反応を促進させ、pH を低下させることで、アンモニアの揮散を防止し、結果として臭気の発生を抑えることができていた。

実証試験地における、設置コスト

コスト	総事業費（6，400千円） ※①～②の合計
	①本体工事費（5，700千円） ※a～c の合計
	内訳a. 建築（1，000千円） b. 電気設備（2，500千円） ※ソーラー発電システム含む c. し尿処理装置（2，200千円）
	②運搬費等（700千円）

（4）本装置導入に向けた留意点

自然条件およびインフラ整備条件からの留意

- 今回の実証は平均気温が高い竹富島での実施となったため、申請者の希望でヒーターを使用しないこととしたが、寒冷地への設置には保温や加温のためのヒーティング設備の導入を検討する必要がある。
- 湿度が比較的高い地域の夏季においては、杉チップ槽内の水分蒸発はあまり期待できず、上部槽内の水分蒸発を促進させるため、仮設によりコンプレッサーを稼働させたが、短時間ではほとんど効果が見られないことが確認された。

設計、運転・維持管理に関する留意点

- 利用集中時の対策としては、ヒーターやコンプレッサーの稼動方法、それによる効果が実証できていないため、今後はそれらを含めたシステムとして確立することが望まれる。
- 多くの大腸菌が検出されたため、試用した杉チップ材や分離液を取り扱う際には、衛生安全対策を徹底することが必要である。
- 杉チップや分離液の引き抜き方法や頻度、引き抜き後の処理・処分方法を確認することが必要である。
- 日照時間が十分確保できない場合においても、ある程度はトイレを利用できるが、杉チップ槽内の撹拌等ができなくなるため、より効率的な発電や蓄電方法、緊急用のバックアップ電源を検討することも必要である。

（5）課題と期待

課題

- 杉チップを補充・交換するタイミングの見分け方とその作業性、分離液を引き抜きやすい構造とすることや作業を容易にすることが課題である。
- 試験期間中には、電力不足で撹拌装置が作動せず、し尿が堆積することも確認された。応急対応としてのバックアップ電源やコンプレッサーの作動も含めた運用方法を確立することが望まれる。
- 杉チップを撹拌するためのアームの破損も確認された。本装置において撹拌機能は重要な役割を担う部分であるため、動力負荷を踏まえ機械システムとしての完成度を上げることが必要である。

期待

- 太陽光発電のみで稼動できるため、自然環境地域において有効であり、ニーズも高いことから、できるだけ安定的に稼動できるよう蓄電方法などを改良し、効率アップすることが望まれる。
- 上部槽と下部槽で固液分離し、余剰水をばっ気することで臭気を抑制する仕組みが有効に機能したことから、負荷変動や湿度対策を中心に改善を図ることで装置としての完成度があがることが期待される。
- 維持管理も含めたトータルシステムとして確立されれば、海岸や離島にふさわしい自立型のトイレとして機能すると考えられる。
- 将来的には、し尿の資源化も含めた循環装置としての可能性も追求し、国内にとどまらず途上国支援も視野に入れて技術開発に取り組んでもらいたい。

（参考情報）

このページに示された情報は、全て環境技術開発者が自らの責任において申請した内容であり、環境省および実証機関は、内容に関して一切の責任を負いません。

○　製品データ

項目		環境技術開発者記入欄			
名称／型式		バイオミカレットBM60-Ⅱ型			
し尿処理方式		コンポスト処理方式			
製造（販売）企業名		株式会社ミカサ			
連絡先	TEL/FAX	TEL：097-551-8826　FAX：097-551-8886			
	WEB アドレス	http://mikalet.jp/			
	E-mail	takashi@mikalet.jp			
サイズ・重量		W1,900mm × D2,050mm × H2,760mm			
設置に要する期間		（ユニット型の場合）1日			
実証対象機器寿命					
コスト概算（円）※		費目	単価	数量	計
イニシャルコスト		処理装置	3,200,000 円	1	3,200,000 円
		太陽光発電システム	2,500,000 円	1	2,500,000 円
				合計	5,700,000 円
ランニングコスト		保守管理費	20,000 円	4 回/年	80,000 円
		杉チップ交換	60,000 円	1回／3年	20,000 円
				合計	100,000 円
※コスト概算の前提条件は以下のとおりとします。 トイレ利用の平均 50 回／日・運搬費・据付費は含まれていません					

○その他、メーカーからの情報

バイオミカレットと太陽光発電システムのセットで水も電気も必要としない自己処理型トイレの完成です。

太陽電池パネルをトイレブースの屋根に最大６枚セットします。限られたスペースと限られた

発電量ですので、水分の蒸発用ヒータは使用出来ません。寒冷地では補助電力を必要とします。

その他の電気機器は、充分に動作します。

外気温が、10℃以上であればこのシステムで使用可能です。

バイオミカレットは、微生物でし尿を炭酸ガスと水（水蒸気）に分解します。

現在、環境に最もやさしい、経済的（ランニングコストがかからない）な自己処理型トイレです。

目　　次

1.趣旨と目的 1
2.実証試験の概要 1
3.実証試験実施場所 2
　3-1 実施場所の概要 2
　3-2 実施場所の諸条件 3
4.実証装置の概要 5
　4-1 実証技術の特徴と処理フロー 5
　4-2 実証装置の仕様 8
　4-3 実証装置の設置方法 11
　4-4 実証装置の運転・維持管理方法 11
　4-5 実証装置の使用回数制限による条件設定について 11
5.実証試験方法 12
　5-1 実証試験の実施体制 12
　5-2 役割分担 13
　5-3 実証試験期間 16
　5-4 実証試験項目 16
　5-5 稼動条件・状況 17
　5-6 維持管理性能 18
　5-7 室内環境 18
　5-8 土地改変状況 19
　5-9 処理性能 19
6.実証試験結果及び考察 25
　6-1 稼動条件・状況 25
　6-2 維持管理性能 40
　6-3 室内環境 47
　6-4 周辺環境への影響 50
　6-5 処理性能 51
　6-6 処理性能のまとめ 68
7. 本装置導入に向けた留意点 70
　7-1 自然条件およびインフラ整備条件からの留意点 70
　7-2 設計、運転・維持管理に関する留意点 71
8. 課題と期待 72

1.趣旨と目的

平成 15 年度より始まった「環境技術実証モデル事業」は、既に実用化段階にある先進的な技術について、その環境保全効果を第三者が客観的に実証し、情報公開する事業である。山岳トイレ技術分野は平成 15 年度より実証技術分野の一つとして位置付けられ、平成 18 年度に手数料体制に移行して実証を進めてきた。主な目的は、山岳トイレし尿処理技術の実証手法・体制の確立を図るとともに、山岳地などの自然地域の環境に資する適正なトイレし尿処理技術の普及を促進し、環境保全と環境産業の発展を促すことである。

このような流れの中で、平成 19 年度より本技術分野は実証対象地域を実験的に山岳・山麓地域から海岸・離島地域に拡大することとした。そこで、社団法人沖縄県環境整備協会は、海岸・離島にふさわしいトイレのあり方を検討する第一歩として本事業の実証機関に参画することとした。

今回、対象となった技術は木質チップ材を利用したコンポスト処理方式で、水を必要とせず、電力も自然エネルギーでまかなうことを前提としていることから、上下水道や商用電力が未整備で放流先のない海水浴場等において導入されることが期待される。また、本実証試験をとおして得られた確かな結果を広く公開することで、自然地域に適したし尿処理技術の普及・拡大および適正な維持管理の徹底へとつながることを期待したい。

2.実証試験の概要

実証試験の概要を表 2-1 に示す。

表 2-1 実証試験の概要

項　目	内　容
実証試験期間	平成 19 年 8 月 8 日～平成 20 年 1 月 24 日 （6 月 23 日に設置し、8 月 7 日まで試運転）
実証試験場所	沖縄県竹富町　カイジ浜
実証機関	社団法人　沖縄県環境整備協会 〒901-1202　沖縄県南城市大里字大里 2013 番地 TEL:098-835-8833　FAX:098-835-8832
実証申請者	株式会社　ミカサ 〒870-0923　大分県大分市高城西町 7-27 TEL097-551-8826　FAX097-551-8886
実証対象装置 （し尿処理方式）	バイオミカレット （コンポスト処理方式）

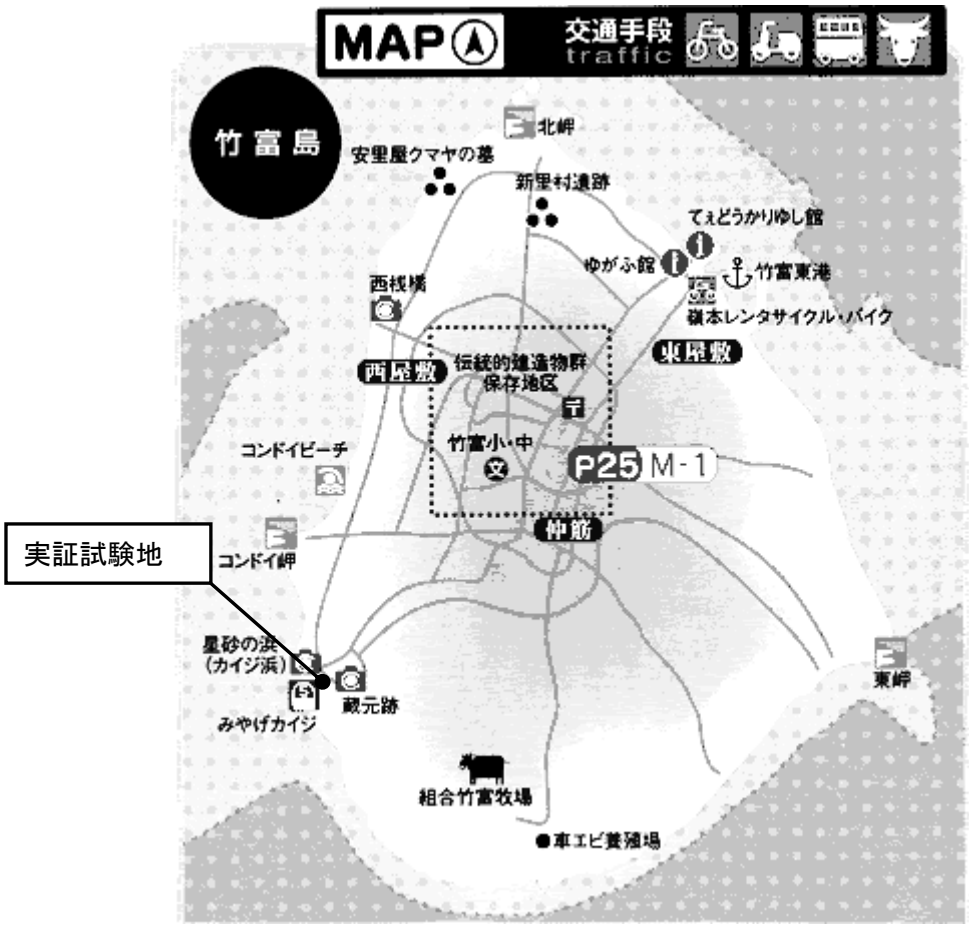
3.実証試験実施場所

3-1 実施場所の概要

カイジ浜は、星砂の浜で有名で、竹富島に訪れる観光客のほとんどがアクセスする場所である。しかし､カイジ浜には既設トイレはない｡約 500m程度離れたコンドイビーチに水洗トイレはあるが、カイジ浜とコンドイビーチを徒歩で行き来する人はほとんど見られないため、カイジ浜にトイレを設置すれば、多くの人に利用されることが想定できる。また、カイジ浜には簡易なお土産物屋が存在するため、トイレの管理についても適切に実施できることから、本実証試験はカイジ浜で実施することとした。

実証対象となるトイレ名称および所在地､設置主体を以下に示す。

（1） トイレ名称：カイジ浜仮設トイレ
（2） 所在地：沖縄県竹富町カイジ浜
（3） 設置主体：株式会社ミカサ



竹富東港より徒歩 30 分

図 3-1 竹富島全域と実証試験場所

3-2 実施場所の諸条件

以下にカイジ浜の自然・社会条件を示す。

① 所　在　地：沖縄県竹富町
② 平 均 気 温：24.6℃（2006 年）（参考・表 3-1 平均・最高・最低気温（2005～2007））
③ 平均降水量：158.8 ㎜／月
④ 平年積雪量：0 cm
⑤ 商 用 電 源：無し
⑥ 水　：無し
⑦ 供用開始日：平成 19 年 6 月 23 日（設置日）
⑧ 使用期間　：通年使用
⑨ 観光客数　：平成 18 年度　424.9 千人／年
⑩ 関 連 法 規：自然公園法（国立公園第二種特別地域）

表 3-1 平均・最高・最低気温（平成 17 年～19 年）　（℃）

平成 19 年	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
平均気温	19.4	20.7	21.6	22.7	25.6	28.5	30.5	29.2	28.3	26.4	23.1	21.4
最高気温	26.4	26.5	27.7	28.4	32.7	34.6	34.8	34.8	32.4	32.5	30.3	26.8
最低気温	11.8	12.4	13.9	15.7	19.4	22.4	25.6	24.3	24.8	20.9	18.0	14.4
平成 18 年												
平均気温	19.6	19.8	20.5	23.9	26.5	27.9	28.9	29.3	27.6	26.6	24.0	21.1
最高気温	27.3	27.0	26.8	29.4	31.3	33.3	35.3	33.2	33.1	31.5	29.1	28.3
最低気温	11.2	13.1	13.6	18.0	20.5	20.5	25.0	25.2	21.6	22.8	20.1	14.8
平成 17 年												
平均気温	18.0	19.5	18.5	23.2	26.6	27.9	29.3	28.7	28.5	26.4	24.0	18.8
最高気温	25.2	27.1	26.0	29.4	31.2	32.6	33.6	33.5	33.0	32.3	30.3	26.5
最低気温	11.6	11.7	9.7	15.3	22.1	22.8	24.5	24.3	24.5	19.4	17.0	10.9

（気象庁統計データ：石垣島地方気象台データより）

［実証試験現場の写真］

図 3-2 カイジ浜

図 3-3 カイジ浜の売店

図 3-4 カイジ浜の入口に位置する駐輪・駐車スペース

図 3-5 カイジ浜の入口に位置する駐輪スペースの内部

4.実証装置の概要

4-1 実証技術の特徴と処理フロー

（1）実証対象となる処理方式の一般的特徴と技術概要

コンポスト処理方式は、オガクズやチップなど木質系資材の中にし尿を投入し、し尿中の水分を木質系資材に移行して蒸発させる。し尿中の汚濁物質は、多孔質で空隙率の高い木質資材の空隙に蓄積される。強制的に撹拌や送気を行うことにより好気性微生物による分解作用（好気性発酵）を期待するものである。

槽内はし尿と木質系資材を均一に混ぜ合わせることで、空気を取り込み好気性を保っている。また、槽内水分等の偏在防止を図るための機能が重要であり、混合・撹拌装置の構造は、処理効率あるいは管理性に大きく影響する。

一般的には、有機物負荷量、滞留時間、撹拌頻度などを指標に設計を行う。混合・撹拌や臭気対策用の装置に動力が必要であり、水分調整や温度調整のために加温を行う場合はそれらの電力が必要となる。

（2）実証対象技術の特徴

本装置は、杉チップが充填された撹拌槽の中にし尿を投入し、撹拌・混合や空気を送りこむことで、好気性微生物による分解作用を期待するものである。本装置は処理槽が２階層になっており、杉チップ撹拌槽の過剰な水分を固液分離して下部槽に落とし、ばっ気を行うことで、腐敗による悪臭を抑制する。

この技術は海辺や山岳地域といった下水道が整備できない場所でも設置できる。本装置は、し尿を杉チップと混合・撹拌するための電力と、ばっ気に必要なブロワを稼動するための電力が必要となる。これらはすべて太陽光発電によって賄う設計となっている。なお、処理槽を加温するためのヒーターも装備しているが、試験地域が温暖であるため、ヒーターは使用しない方向で実証試験を行うこととする。

し尿処理後に発生する残渣（し尿を含む杉チップ）については一般廃棄物もしくは産業廃棄物として処理する。

し尿処理フローを図 4-1 に示す。

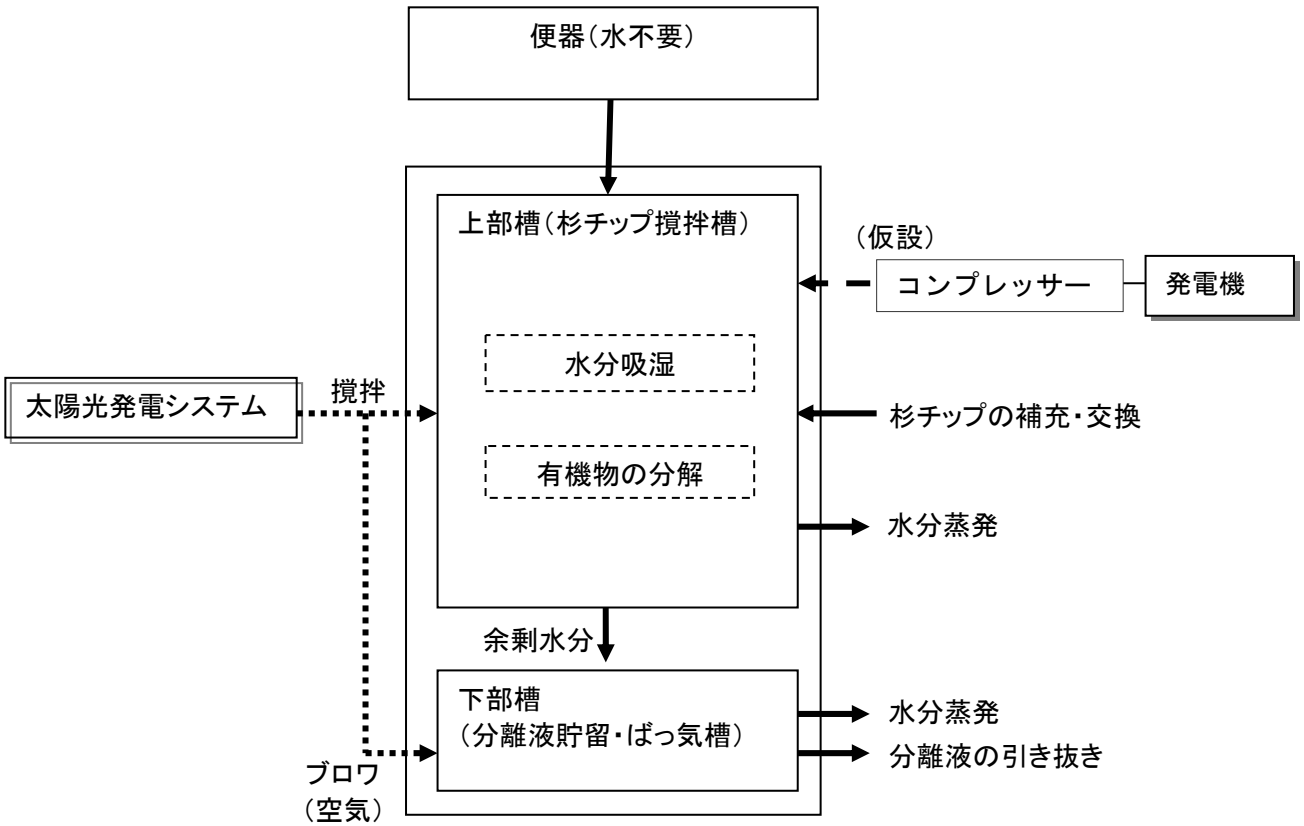

便器（水不要）
上部槽（杉チップ撹拌槽）
（仮設）
コンプレッサー
発電機
水分吸湿
太陽光発電システム
撹拌
杉チップの補充・交換
有機物の分解
水分蒸発
余剰水分
下部槽
（分離液貯留・ばっ気槽）
水分蒸発
分離液の引き抜き
ブロワ
（空気）

図 4-1 し尿処理フロー

［実証対象技術の写真］

図 4-2 杉チップ撹拌槽内部

図 4-3 トイレ外観 1

図 4-4 トイレ外観 2

図 4-5 大便室内観

4-2 実証装置の仕様

本実証装置の仕様を、表 4-1 に示す。

表 4-1　実証装置の仕様

企業名		株式会社ミカサ
技術名		自然エネルギーを利用した自己処理型バイオトイレ
装置名称		バイオミカレット
し尿処理方式		コンポスト処理
型番		BM60-Ⅱ型
製造企業名		株式会社ミカサ
連絡先	住所	大分県大分市高城西町 7-27
	担当者	三笠　高志
	連絡先	TEL：097-551-8826　FAX：097-551-8886
	E-mail	takashi@mikalet.jp
価格（円）		500 万円
設置条件	水	不要
	電気（発電量）	1kWh/日（太陽光発電機・蓄電池） 設置条件：確保予定電力量：1kWh/日（太陽光パネル+補助用小型発電機+蓄電池で対応）
	電気（必要電力量）	必要（0.636kWh/日）
	道路	必要
使用燃料	燃料の種類	不要
	消費量	ー
使用資材	資材の種類	杉チップ材
	設置時投入量	600L
適正稼動が可能な気温		10℃～40℃（ヒーター未使用時）
装置タイプ		トイレと処理装置が一体型
サイズ		W1,900mm × D2,050mm × H2,760mm
重量		0.7t（処理装置のみ）
処理能力	利用者数（平常時）	50 人回／日
	（集中時）	100 人回／日
	※し尿原単位	0.2L／回（し尿のみ）
最終処分方法		一般廃棄物または産業廃棄物として処理
保障期間		1 年
償却期間		10 年
＊維持管理費		合計（　　12　千円／月）（①～⑥の合計）
①廃棄物処理費		産業廃棄物として扱う場合約 2 万円（沖縄本島にて処理） ＋7 万円（作業費、運賃、容器代等） （600L を3年に 1 回の頻度で交換）
②必要資材費		3 ヶ月に 1 回、杉チップ材 10L（1000 円）を補充
③専門管理費		6　千円
④トラブル対応費		3　千円
⑤その他		1　千円（消耗品費）
納入実績		総計 30 ヶ所 （レンタル含む。うち、2 件太陽光発電システム）

＊　維持管理費に関して、運搬費、旅費は含まない。

＊　発電機の利用は非常時のみとし、通常は利用しない。

＜各機器の仕様＞

本装置に含まれる電力を消費について、表 4-2 に使用電力量、表 4-3 に各機器の仕様を示す。

表 4-2 使用電力量

名称	メーカー	電力	1 日当りの消費電力
撹拌モーター	㈱ニッセイ	200W	151Wh／日
ブロワ	テクノ高槻	28W	269Wh／日
排気換気扇	オーム電器	18W	216Wh／日
			合計　636Wh/日

表 4-3 各機器の仕様

名称	運転状態	消費電力	1 日当りの稼動消費電力
撹拌モーター	A定時撹拌＋Bスタートボタン利用時＝消費電力量／日 A　定時撹拌 60秒正回転・5秒停止・25秒逆回転を1.5時間間隔で繰返す。そのため、一日の稼動時間は1360秒となる 1,360s/日＝(60+25)s/回×(24/1.5)×16回/日 一日当たりの定時撹拌に係る消費電力量は、 75.6Wh/日＝1,360s/日×200W／3,600s/hとなる B スタートボタン利用時 スタートボタンの利用による電力消費を A と同様に想定。 75.6Wh/日とする。	200W	151Wh／日
ブロワ	1日あたりのブロワ稼動回数:4分稼動、6分停止の間欠運のため、1日に144回稼動する。また、1回の稼動時間は4分である。そのため、240s×144回＝9.6h/日（一日当たりの稼働時間） 一日当たりの消費電力量＝9.6h/日×28W＝268.8Wh/日となる。	28W	269Wh／日
排気換気扇	1 日あたりの稼動時間:12 時間（店舗営業時間）であるため、一日の消費電力量は、18W×12h＝216Wh／日となる。	18W	216Wh／日
			合計 636Wh/日

ブロワの風量については、上記28W中、実出力1/3程度で運転することで、約10W程度の出力となり、換気扇の出力18Wを下回ることになる。

コンプレッサーは仮設電源によって稼働させるため、上記の計算には含めていない。（180W）

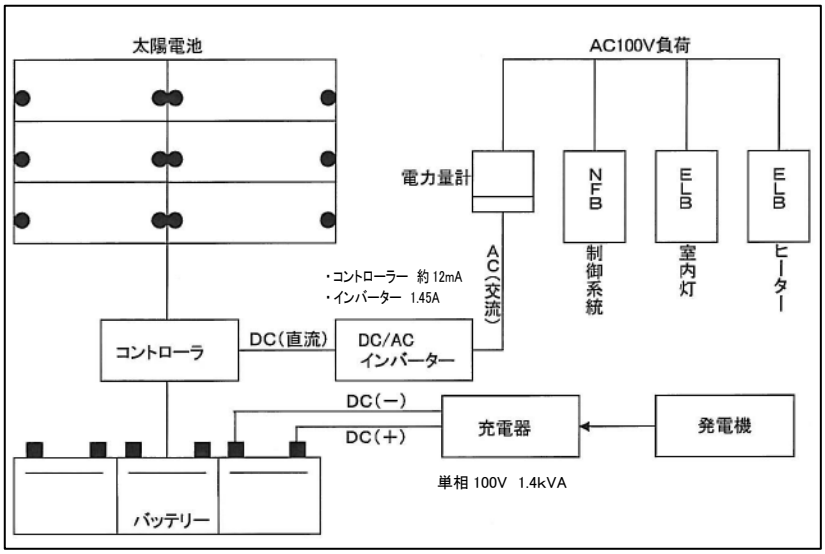


図 4-6 太陽光発電装置

表 4-4 各機器の仕様

	仕様	運転状態	1 日当りの 発電量
太陽光設計計算	最大動作電力-70W 最大動作電圧-15.81V 最大動作電流-4.43A	70W×3 時間(平均日射時間)×6 枚＝1.26kWh	掛率 0.7＝882Wh
バッテリー	12V 105Ah/20 時間率	12V×84Ah×3 台＝3.024kWh	掛率 0.6＝1.814kWh

バッテリー容量については、使用電力量から約 3 日分の蓄電量を想定している。

また、ディーゼル発電機はコンプレッサー稼動のための仮設設置のため、上記の計算には含めていない。(100V 14A)

4-3 実証装置の設置方法

本実証装置は、試験実施のために(株)ミカサが設置した。

想定される実証項目を表 4-5 に示す。

表 4-5 実証対象装置の設置方法に関する実証項目

分類項目	実証項目	測定方法	頻度
土地改変状況	設置面積、地形変更、伐採、土工量等	図面及び現場判断により記録	設置時（1回）

4-4 実証装置の運転・維持管理方法

実証試験準備及び実証試験の開始にあたっては、事前に、実証機関、日常的・専門的維持管理者、実証申請者等（表 4-6）との打ち合わせ及び現状把握を行った。

表 4-6 運転・維持管理担当者

分類項目	調査者	記録方法
日常管理全般	クリーン竹富（登野原 栄立）	日常管理チェックシートに記録
専門管理全般	（社）沖縄県環境整備協会	定期専門管理チェックシートに記録
残渣の搬出及び処理・処分	（社）沖縄県環境整備協会	発生残渣処理・処分チェックシートに記録
トラブル対応	クリーン竹富（登野原 栄立）	トラブル対応チェックシートに記録
信頼性	（社）沖縄県環境整備協会 クリーン竹富（登野原 栄立）	マニュアルチェックシートに記録

4-5 実証装置の使用回数制限による条件設定について

本実証装置は、現地利用状況に対応した設計を行っていないため、平常時 50 回 /日（8 月 8 日から 10 月 31 日）として実施、以降は集中時として利用回数を制限せずに実施した。

5.実証試験方法

以下に、実証試験の体制と方法を示す。

5-1 実証試験の実施体制

山岳トイレ技術分野における実証試験実施体制を図 5-1 に示す。また、参加組織連絡先を表 5-1 に示す。

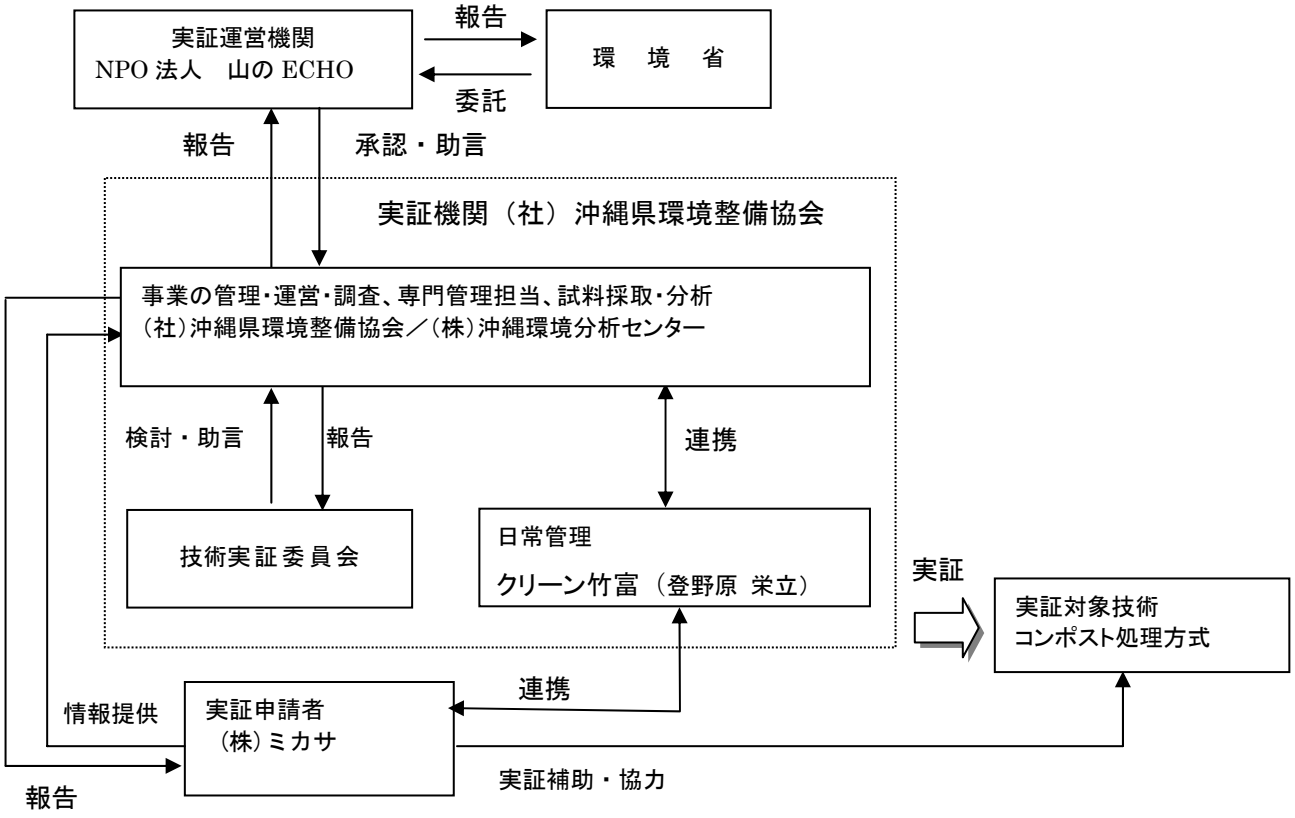


図 5-1 実証試験実施体制

表 5-1 参加組織連絡先

実証機関	社団法人　沖縄県環境整備協会
	〒901-1202 沖縄県南城市大里字大里 2013 番地 TEL 098-835-8833 FAX 098-835-8832 E-mail oema@voice.ocn.ne.jp
技術実証委員 （五十音順）	岡城　孝雄　財団法人日本環境整備教育センター調査研究部主幹（委員長）
	多田　千佳　沖縄工業高等専門学校生物資源工学科 助教
	通事　善則　竹富町役場　自然環境課　課長補佐兼係長
	真謝　孝正　社団法人沖縄県環境整備協会　会長
運転・維持管理	クリーン竹富（登野原 栄立）
	沖縄県八重山郡竹富町竹富 1483 TEL/FAX 0980-85-2368
実証試験実施機関	株式会社　沖縄環境分析センター
	〒901-2215 沖縄県宜野湾市真栄原 3 丁目 7 番 24 号 TEL 098-897-0910 FAX 098-897-0957 E-mail info@oeac.co.jp
実証申請者	株式会社　ミカサ
	〒870-0923　大分県大分市高城西町 7-27 三笠　高志　TEL 097-551-8826 FAX 097-551-8886 E-mail takashi@mikalet.jp

5-2 役割分担

本試験実施に関する役割分担（実証試験要領第 4 版に準拠）を以下に示す。

(1)環境省

① モデル事業全体の運営管理及び実証手法・体制の確立に向けた総合的な検討を行う。
② 環境省総合環境政策局長の委嘱により「環境技術実証モデル事業検討会」を設置する。
③ 実証対象技術分野を選定する。
④ 実証運営機関を選定する。
⑤ 実証機関を承認する。
⑥ 実証試験結果報告書を承認する。
⑦ 実証試験方法の技術開発を行う。
⑧ 実証試験結果等、関連情報をデータベースにより公表する。
⑨ 試験結果報告書を承認後、ロゴマーク及び実証番号を申請者に交付する。

(2)環境技術実証モデル事業検討会(以下、「モデル事業検討会」という。)

① 環境省が行う事務をはじめとして、モデル事業の実施に関する基本的事項について、専門的知見に基づき検討・助言を行う。
② モデル事業の実施状況、成果について評価を行う。

（3）実証運営機関

① 山岳トイレし尿処理技術ワーキンググループ(有識者(学識経験者、ユーザー代表等)により構成。原則公開で実施)を設置する。
② 実証試験要領を作成・改訂する。
③ 実証機関を選定する。(予算の範囲内において、複数設置することができる)
④ 実証機関が審査した技術を承認する。
⑤ 実証機関に実証試験を委託する。
⑥ 実証申請者から実証試験にかかる手数料の項目の設定と徴収を行う。
⑦ 必要に応じ、実証機関に対して実証試験計画の内容についての意見を述べる。
⑧ 実証試験結果報告書を環境省に報告し、承認を得る。
⑨ 必要に応じ、実証試験方法の技術開発を、環境省に代わり行うことができる。
⑩ 環境技術実証モデル事業実施要領(第4版)第2部第5章2. の当該技術分野における実証機関の選定の観点に照らし適切と認められた場合に限り、自ら実証機関の機能を兼ねることができる。

（4）山岳トイレし尿処理技術ワーキンググループ(以下、「WG」という。)

① 実証運営機関が行う事務のうち、実証試験要領の作成、実証機関の選定等について、専門的知見に基づき検討・助言を行う。
② 山岳トイレし尿処理技術分野に関するモデル事業の運営及び実証試験結果報告書に関して助言を行う。
③ 当該分野に関する専門的知見に基づき、モデル事業検討会を補佐する。
④ より効果的な制度の構築のため、必要に応じ、ベンダー代表団体等も含めた拡大 WG(ステークホルダー会議)を開催することができる。

（5）実証機関 （(社)沖縄県環境整備協会）

① 環境省及び実証運営機関からの委託・請負により、実証試験を管理・運営する。
② 有識者(学識経験者、ユーザー代表等)で構成する技術実証委員会を設置し、運営する。
③ 実証手数料の詳細額を設定する。
④ 企業等から実証対象となる技術を公募する。
⑤ 技術実証委員会の助言を得つつ、申請技術の実証可能性を審査し、審査結果について、実証運営機関の承認を得る。
⑥ 申請技術の審査結果は、当該技術の申請者に通知する。
⑦ 実証試験要領に基づき、実証申請者と協議を行い、技術実証委員会で検討し、実証試験計画を作成する。
⑧ 実証試験要領及び実証試験計画に基づき、実証試験を実施する。そのための、各種法令申請や土地の確保等の手続きについての業務を行う。
⑨ 実証申請者の作成した「取扱説明書」及び「維持管理要領書」等に基づき、実証装置の維持管理を行う。
⑩ 実証試験の一部を外部機関に委託する際は、外部機関の指導・監督を行う。

⑪ 技術実証委員会での検討を経た上で、実証試験結果報告書を取りまとめ、実証運営機関に報告する。

⑫ 装置の継続調査が必要と判断した場合、実証申請者の責任において調査を継続するよう実証申請者に助言することができる。

（6）技術実証委員会

実証機関が行う「対象技術の公募・審査」、「実証試験計画の作成」、「実証試験の過程で発生した問題の対処」、「実証試験結果報告書の作成」、などについて、専門的知見に基づき検討・助言を行う。

（7）実証申請者（株式会社ミカサ）

① 実証機関に、実証試験に参加するための申請を行う。

② 実証試験にかかる手数料を実証運営機関に納付する。

③ 既存の試験データがある場合は、実証機関に提出する。

④ 実証試験計画の策定にあたり、実証機関と協議する。

⑤ 実証機関に対し、実証試験計画の内容について承諾した旨の文書を提出する。

⑥ 「専門管理者への維持管理要領書」、「日常管理者への取扱説明書」等を実証機関に提出する。

⑦ 実証試験実施場所に実証装置を設置する。

⑧ 原則として、実証対象装置の運搬、設置、運転及び維持管理、撤去に要する費用を負担する。また薬剤、消耗品、電力等の費用も負担する。

⑨ 既に設置してある装置については、必要に応じて、実証試験に必要な付帯機器・装置を設置する。

⑩ 実証試験計画に基づき、または実証機関の了承を得て、実証試験中に装置の操作や測定における補助を行う。

⑪ 機器の操作、維持管理に関し必要な訓練を受けた技術者を提供する。

⑫ 運転トラブルが発生した際は速やかに実証機関に報告し、実証機関の承認を得て、できれば立ち会いの上で、迅速に対処するとともに、対処状況を実証機関に報告する。

⑬ 実証試験結果報告書の作成において、実証機関の求めに応じて協力する。

（8）日常的な運転・維持管理者（クリーン竹富（登野原 栄立））

実証試験期間中の運転・維持管理は、実証申請者が作成する「日常管理者への取扱説明書」をもとに原則として実証機関が行う。ただし、既に供用開始している施設では、その施設管理者に、日常的に把握すべき稼動条件・状況や維持管理性能に関するデータ調査協力を依頼することができる。

その場合、実証データの信頼性・中立性を保持するために、施設管理者はトラブル等の異常時を除いて、実証申請者に連絡を取る場合はすべて実証機関を介することとする。

実証機関は、異常が発生した際には速やかに実証申請者に連絡をとり、実証申請者の示した定常運転状態に復帰させるように対処する。不測の事態の際には、実証機関は実証申請者とともに対応する。

(9)専門的な運転・維持管理者(社団法人　沖縄県環境整備協会)

実証試験期間中、適正に運転・維持管理するための定期的な保守点検、特殊清掃等の運転・維持管理は、実証申請者が作成する「専門管理者への維持管理要領書」をもとに実証機関が行う。専門的な運転・維持管理は、し尿処理に精通し、これら作業に慣れた組織・担当者が実施することとする。実証機関は必要に応じて、本業務を外部に委託する。

実証申請者は、運転及び維持管理内容について、実際に作業する人と十分打合せを行い、作業方法を指導する必要がある。

5-3 実証試験期間

本実証試験の専門管理、試料採取スケジュールを表 5-2 及び図 5-2 に示す。

表 5-2 専門管理、試料採取スケジュール

平常時①	8 月 22 日
集中時①	11 月 7 日
平常時②	1 月 24 日

調査期間（平成 19 年 8 月 8 日～平成 20 年 1 月 24 日）

（平成 6 月 23 日設置、8 月 7 日まで試運転）

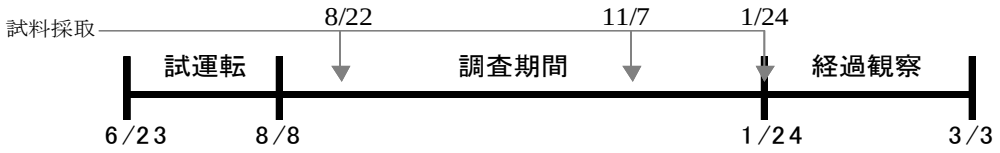


図 5-2 専門管理、試料採取スケジュール

5-4 実証試験項目

本実証試験の実証試験項目である生物処理方式の実証の視点について、表 5-3 に示す。

表 5-3 生物処理方式の実証の視点

実証視点	参照表	調査者
稼動条件・状況	表 5-4	(社)沖縄県環境整備協会
維持管理性能	表 5-5	
室内環境	表 5-6	
処理性能	表 5-8	

5-5 稼動条件・状況

対象技術となる装置の稼動条件・状況の実証に関する項目と測定方法・頻度について表 5-4 に示す。実証データの算定にあたっては、日常管理者が把握するデータを基礎とする。

トイレを利用できる時間は、9：00～17：00 とし、1 日あたりの利用回数の上限を概ね 50 回とした。なお、その方法は日常管理者が利用回数（カウンター読み値）から判断して施錠することで行った。

表 5-4 稼動条件・状況の実証に関する項目と測定方法・頻度

分類項目	実証項目	測定方法	頻度	調査者
処理能力	トイレ利用回数	ドアカウンターを設置して測定	1回／日	クリーン竹富（登野原栄立）
	廃棄物処理(kg)	杉チップ	都度	社団法人沖縄県環境整備協会
	撹拌回転羽のスタートボタン押回数	制御盤より測定	1 回／日	クリーン竹富（登野原栄立）
電力	消費電力量(kWh/日)	電力計を設置して測定	1回／日	クリーン竹富（登野原栄立）
温湿度	設置場所の温湿度と室内温湿度	自動計測器を設置して測定	30 分毎	社団法人沖縄県環境整備協会

5-6 維持管理性能

実証申請者が提出する日常管理者用の取扱説明書及び専門管理者用の維持管理要領書に従って運転・管理を行い、管理作業全般について、その実施状況、実施の作業性、作業量等を総括的に判断し、報告書の作成を行うものとする。

維持管理性能に関する実証項目の記録方法と頻度を表 5-5 に示す。

表 5-5 維持管理性能に関する実証項目の記録方法と頻度

分類項目	実証項目	記録方法	頻度	調査者
日常管理全般	作業内容、所要人員、所要時間、作業性等	日常管理チェックシートに記録	1回／日	クリーン竹富（登野原 栄立）
専門管理全般		定期専門管理チェックシートに記録	3回／年程度	(社)沖縄県環境整備協会
残渣の搬出及び処理・処分		発生残渣処理・処分チェックシートに記録	残渣の搬出時	(社)沖縄県環境整備協会
トラブル対応		トラブル対応チェックシートに記録	発生時	クリーン竹富（登野原 栄立）
信頼性	読みやすさ理解のしやすさ、正確性等	マニュアルチェックシートに記録	試験終了時	(社)沖縄県環境整備協会 クリーン竹富（登野原 栄立）

5-7 室内環境

トイレ利用者にとって、トイレブース内の空間が許容範囲であることを実証する。

室内環境に関する実証項目を表 5-6 に示す。

なお、許容範囲については、トイレ内の臭気、その他気付いた事等に関してのアンケート調査をトイレ利用者へ行い、室内環境に対する快適性・操作性に関する許容範囲を把握する。

表 5-6 室内環境に関する実証項目

実証項目	方法	頻度	調査者
温度	自動計測器を建屋内の天井付近に設置し、気温を測定・記録	30 分間隔	(社)沖縄県環境整備協会
湿度	自動計測器を建屋内の天井付近に設置し、湿度を測定・記録	30 分間隔	
臭気	建屋内で臭気を調査者の感覚により記録	1回／専門管理実施時	
許容範囲	利用者へのアンケート調査により室内環境に対する快適性・操作性に関する許容範囲を把握	合計 50 人以上（サンプル数）	

5-8 土地改変状況

対象装置の設置に際して周辺環境に与える影響を把握するため、土地改変状況について調査する。

5-9 処理性能

処理性能は、各単位装置が適正に稼動しているかをみる稼動状況、処理が適正に進んでいるかをチェックする処理状況、運転にともない何がどれだけ発生したかをみる発生物状況に分けて実施する。

5-9-1.試料採取場所

試料採取場所について表 5-7 及び、図 5-3～5-8 に示す。また、処理性能に関する実証項目及び試料分析の標準的な方法について表 5-8 に示す。

これら実証項目により、装置が適正に運転されているか、し尿処理が順調に進んでいるか把握する。

表 5-7 試料採取場所

試料	採取場所
上部槽内混合物	撹拌槽（点検口および大便器内より採取）
下部槽内分離液	貯水槽（側部清掃口および貯留タンクより採取）
排気ガス濃度	換気扇及び大便器

※詳細は図 5-3～5-8 参照

表 5-8 処理性能に関する実証項目

	分類項目	実証項目	実施場所	調査・分析方法
①	単位装置の稼動状況		F	構造・機能説明書、維持管理要領書をもとに確認
			F	維持管理者へのヒアリングを実施
②	上部槽内混合物	混合・撹拌状態	F	目視
		色	F	目視
		臭気	F	臭気の確認
		単位体積重量	L	下水試験方法第 2 編第 4 章第 4 節に準ずる方法
		蒸発残留物及び含水率	L	下水試験方法第 2 編第 4 章第 6 節 ※1
		強熱減量	L	下水試験方法第 2 編第 4 章第 8 節 ※1
		pH	L	JIS K 0102 12 ※1
		電気伝導率	L	JIS K 0102 13 ※1
		TOC	L	JIS K 0102 22 ※1
		NH4-N	L	下水試験方法第3編第2章 25 節 ※1
		NO2-N	L	下水試験方法第3編第2章 26 節 ※1
		NO3-N	L	下水試験方法第3編第2章 27 節 ※1
		T-N	L	下水試験方法第3編第2章 29 節 ※1
		大腸菌	L	MMO-MUG 法 ※1
		大腸菌群	L	下水試験方法第 3 編第 3 章第 7 節 ※1
	下部槽内分離液	色	F	目視
		臭気	F	臭気の確認
		ORP	F	下水試験方法第3編第3章5節
		pH	F&L	JIS K 0102 12 ※1
		電気伝導率	L	JIS K 0102 13 ※1
		TOC	L	JIS K 0102 22 ※1
		大腸菌	L	MMO-MUG 法 ※1
		大腸菌群	L	下水試験方法第 3 編第 3 章第 7 節 ※1
③	排ガス	アンモニア	L	下水試験方法第 2 編第 5 章第 2 節
		硫化水素	L	下水試験方法第 2 編第 5 章第 2 節

※1：検液作成方法は、「産業廃棄物に含まれる金属等の検定方法〈環境庁告示第 13 号〉」を参考にする。

- 実証場所記載欄のＦ（Field）は現地測定、L（Laboratory）は試験室で測定することを表す。
- いずれの発生物においても、搬出の必要性が生じた場合は、搬出量を測定する。搬出を行わない場合においては、蓄積量を把握する。

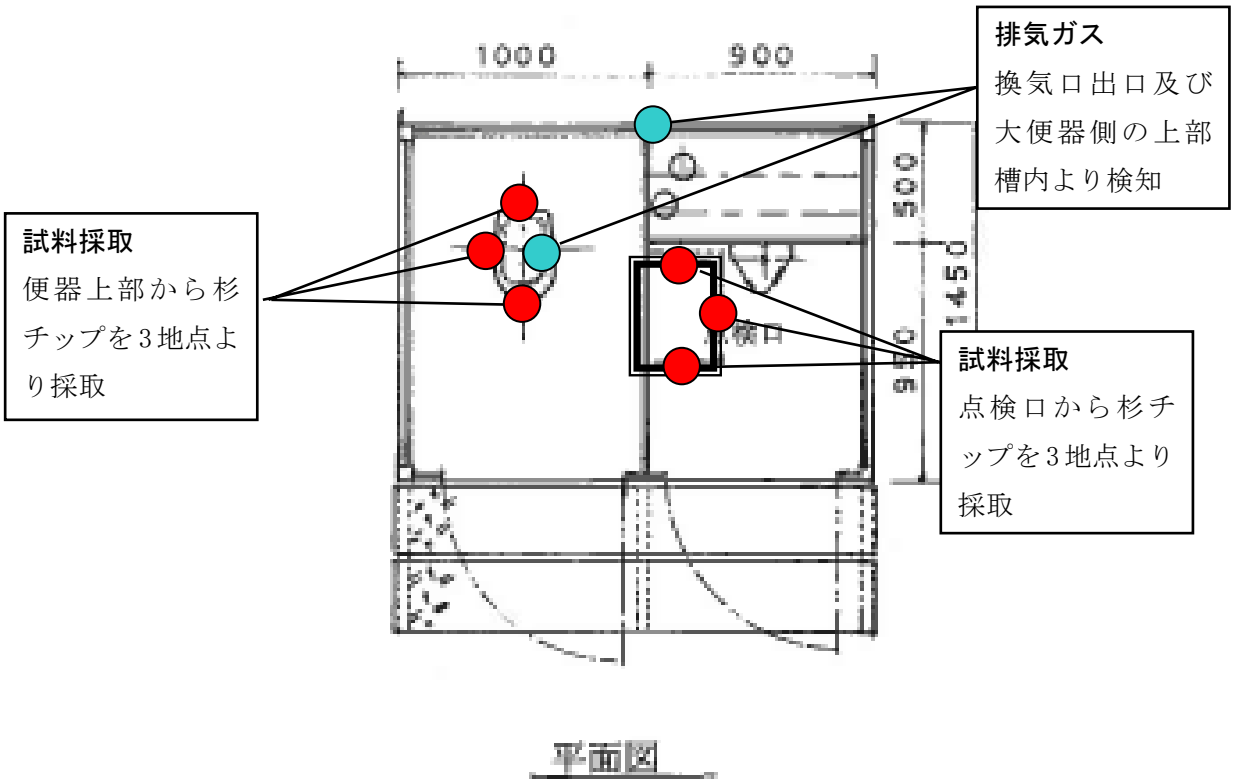
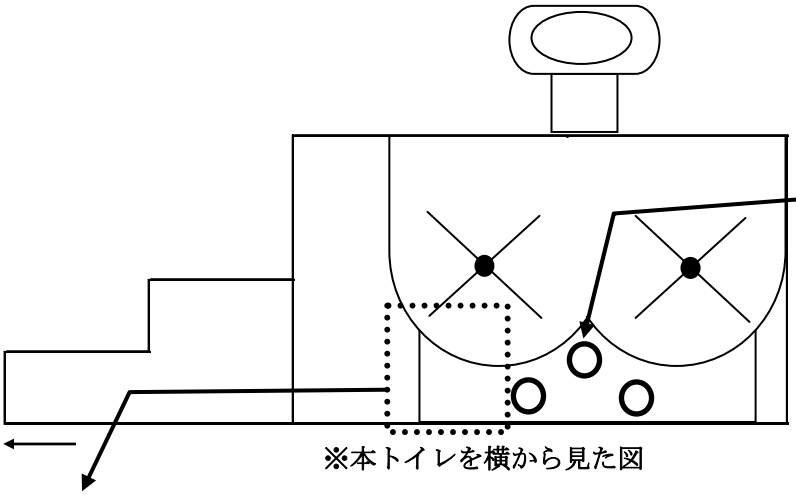


図 5-3　試料採取場所の詳細

図 5-4 大便側試料採取口

図 5-5 小便側試料採取口



図の〇印は、本体下部槽の清掃口で、第1回目の試料採取は3ヵ所のうち、中央上部の清掃口より分離液の採取を行った。

分離液貯留タンク(分離液計量箱)

試料採取 2 回目以降は、貯留量が増えていたため、清掃口横の貯留タンクより採取した。

図 5-6 試料採取場所

図 5-7 分離液点検個所

図 5-8 下部槽の清掃口

5-9-2　試料採取スケジュール及び採取方法

1）試料採取者

環境計量証明事業所、または、それと同等の品質管理が確保できる機関が担当し、装置の構造・機能を理解し、試料採取に関する知識を有する担当者が試料採取、単位装置の稼動状況調査を行う。

2）試料採取頻度、体制

調査実施時期は、調査期間を集中時と平常時に分類し、以下の 3 つの視点で処理性能を把握する。

視点１：平常時の比較的負荷が高くない場合の処理性能を把握する
視点２：集中時における負荷が高い場合の処理性能を把握する
視点３：集中時を終えた後の処理性能を把握する
視点４：長期連続利用した際の処理能力と発生残渣の状況を把握する

調査回数は、期間中 3 回程度とし、実証装置の特徴や申請者が提出するデータをもとに、性能を適切に把握できる回数とする。

ただし、第１回目の試料採取をする前には、必ず稼動状況をチェックし、正常に稼動している状態かどうかを確認する。また、処理に伴う発生物の搬出を行う場合は、その時点でも処理性能の調査を行う。

なお、試料採取は、可能な限り定刻とする。（試料採取のスケジュールは、表 5-2 の通り）

3）試料採取方法

試料採取方法は、基本的に JIS K 0102 または下水試験方法に沿って行う。

また、一回の採取量は上部槽内混合物 300g 以上、分離液 0.5～2L とする。

4）試料採取用具

① 試料：ひしゃく、保存容器、手動ポンプ、滅菌容器等

5）試料の保存方法

保冷容器輸送（保冷剤入り）後、冷暗所（冷蔵庫等）にて保存する。

6）試料採取時の記録事項

試料採取時の記録事項については、JIS K 0102（工場排水試験方法）「6.採取時の記録事項」を参考に、以下の項目を記録する。

① 試料の名称及び試料番号
② 採取場所の名称及び採取位置(表層または、採取深度等)
③ 採取年月日、時刻
④ 採取者の氏名
⑤ 採取時の試料温度
⑥ その他、採取時の状況，特記事項等

7）分析の種類

分析の種類は、機器設備の稼動状況等を把握する単位装置の稼動状況調査、杉チップの混合・撹拌状態等を把握する処理状況調査がある。これらは、機能の判断のため試料採取時にその場で行う分析と、試験室に持ち帰ったのち行う分析に分かれる。

現地で行う調査は、稼動状況調査として装置の稼動状況やコンポストの性状を確認するとともに、感応試験、化学分析、機器測定により必要な項目を表 5-8 に従って現地で測定する。試験室で行う分析項目は、その他の機器分析、化学分析などとする。

6.実証試験結果及び考察

6-1 稼動条件・状況

本装置の設置環境及び利用状況について以下に示す。

6-1-1 気温

気温は、日常管理の点検事項として毎日 17:00 頃に記録したものである。なお、一日の気温の変動については、気象庁データ*1を参考値として用いることとした。結果を表 6-1 及び図 6-1 に示す。気温の範囲は、日常管理記録では 17.0～33.0℃、気象庁データからは 13.6～32.4℃となっており、平均気温は日常管理記録では 28.3℃、気象庁データでは 24.6℃となった。気象庁データより最低気温記録が高くなっている点については、日常管理では夜間の気温を記録していないためと考えられる。

日常管理記録および気象庁データのいずれにおいても、本装置の適正稼動温度である 10℃～40℃の範囲内であることが確認できた。

表 6-1 気温 （2007-8 年）

	(℃)	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月
日常管理値	最高	33.0	33.0	33.0	29.0	27.0	26.0
	平均	30.5	30.3	28.9	25.8	23.4	21.2
	最低	27.6	26.0	25.7	20.0	19.6	17.0
気象庁データ＊1	最高	32.4	32.4	32.5	30.3	26.8	26.6
	平均	28.8	28.3	26.4	23.1	21.4	19.8
	最低	24.3	24.8	20.9	18.0	14.4	13.6

＊1：気象庁データ（石垣島地方気象台、石垣市字登野城 428。試験地から約 6km 東）

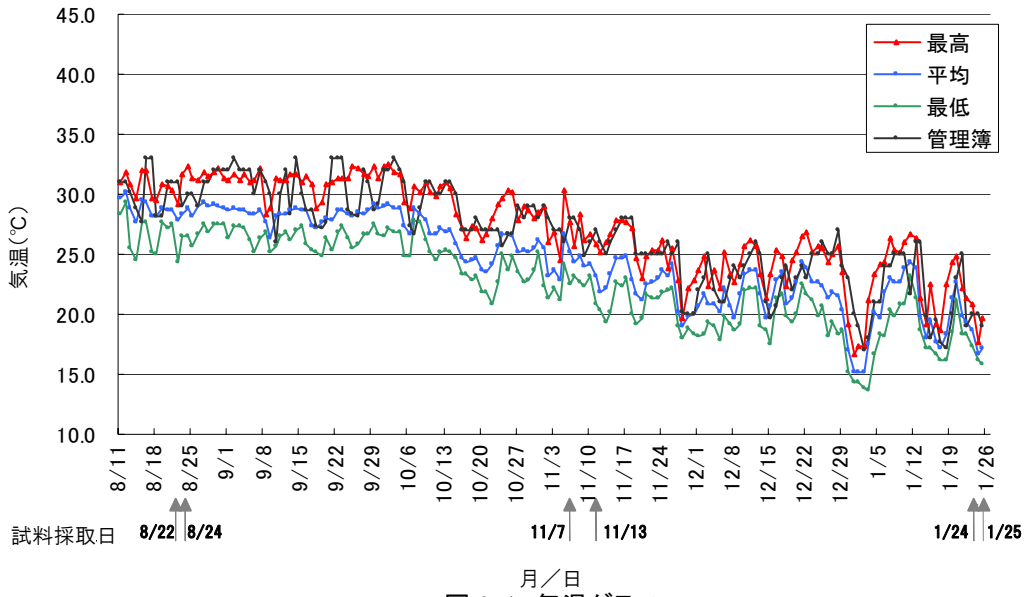


図 6-1 気温グラフ

6-1-2 湿度

湿度は、気象庁のデータ*1をもとに日毎の平均値及び最低値を示す。

平均値は 69%から 78%の間を推移し、全体の平均は 73.5%となっている。また、最低値は 39%から 53%の範囲を推移し、平均 44.2%であった。

同時期における東京の湿度と比較すると、石垣の方が平均値で 14.3 ポイント、最低値で 22.5 ポイント高くなっていることが分かる。

一方、石垣の日毎の変動をグラフに示すと、図 6-2 のようになる。

表 6-2 湿度

	(%)	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	平均 (8 月～1 月)
平均	石垣	76	77	71	70	69	78	73.5
	東京	66	71	63	56	54	45	59.2
最低	石垣	46	53	43	39	44	40	44.2
	東京	27	25	25	17	20	16	21.7

*1:気象庁データ(石垣島地方気象台、石垣市字都野城 428。試験地から約 6km 東)

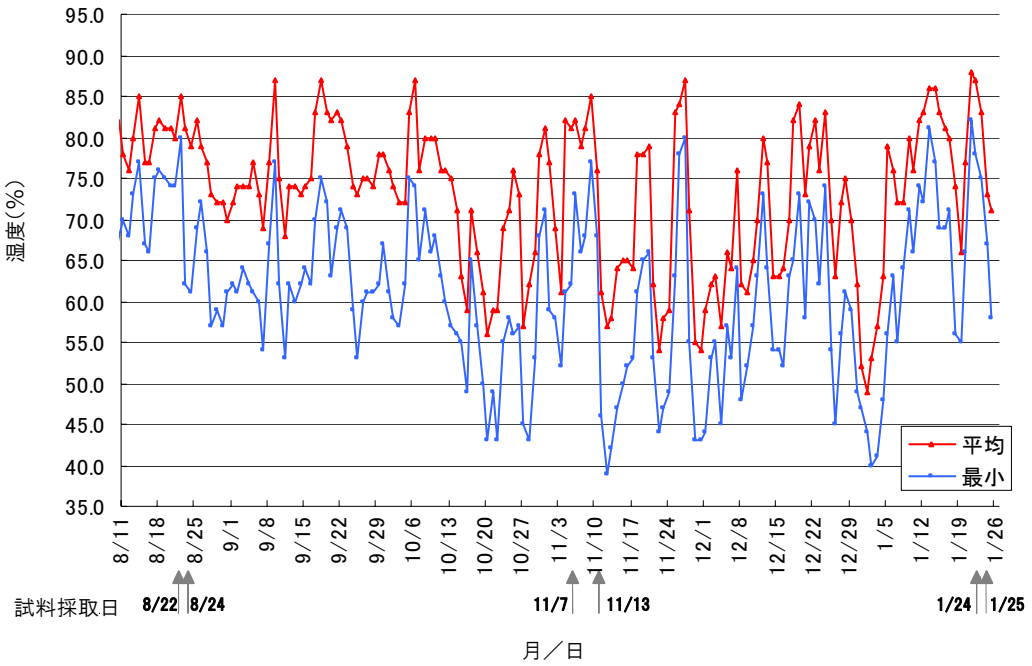


図 6-2 湿度

湿潤な空気:湿度が高い空気で、目安として湿度がおよそ 80%以上の状態をいう。
乾燥した空気:湿度が低い空気で、目安として湿度がおよそ 50%未満の状態をいう。
(気象庁ホームページ:湿度に関する用語より引用)

6-1-3 トイレ利用回数

トイレ利用回数及び累積値を図 6-3、区間平均値(7 日毎、30 日毎)を図 6-4、6-5、日毎の利用回数を表 6-3 に示す。トイレを利用できる時間は管理上の都合により毎日 9:00～17:00 までとした。

期間中のトイレの利用は 4,990 回で、区間平均値をとると、利用者が最も多い区間は、7 日間の場合は 11 月 19 日～25 日で 52.1 回／日、30 日間の場合は 11 月 10 日～12 月 9 日で 40.1 回／日となっている。

全期間 170 日間での平均利用回数は 29.4 回／日で、トイレが実際に利用された 131 日間では 38.1 回／日となった。最大利用回数は 76 回／日、最低利用回数は 10 回／日(休業日除く)であった。また、利用回数が 0 の日は、カウンターのイタズラにより記録できなかった状態、休業日または異常により利用を停止した日を示す。

また、12 月 13 日の 12 時頃にスタートボタンを押した際に大きな音が出たため、使用を停止し、1 月 12 日と 13 日も同様に異常音が発生したので使用を停止した。

なお、トイレ利用回数制限は 50 回/日としたが、日常管理者が利用回数（カウンター読み値）から判断して施錠する制限のため、50 回を超えた利用も発生している。また、11 月 1 日以降は、本装置への負荷を高めることを目的として、利用制限をせずに試験を実施した。

本装置の処理能力は、平常時 50 回／日、利用集中時 100 回／日であることから、試験結果は範囲内の負荷状況であること、また全体の平均利用回数から判断すると平常時の 6 割から 8 割程度の負荷であったことが確認できた。

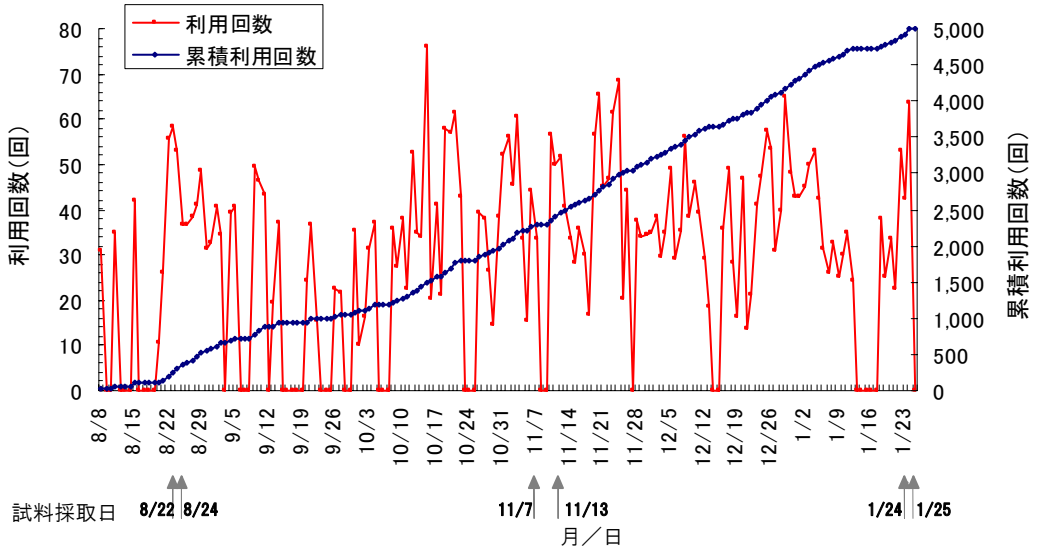


図 6-3 利用回数

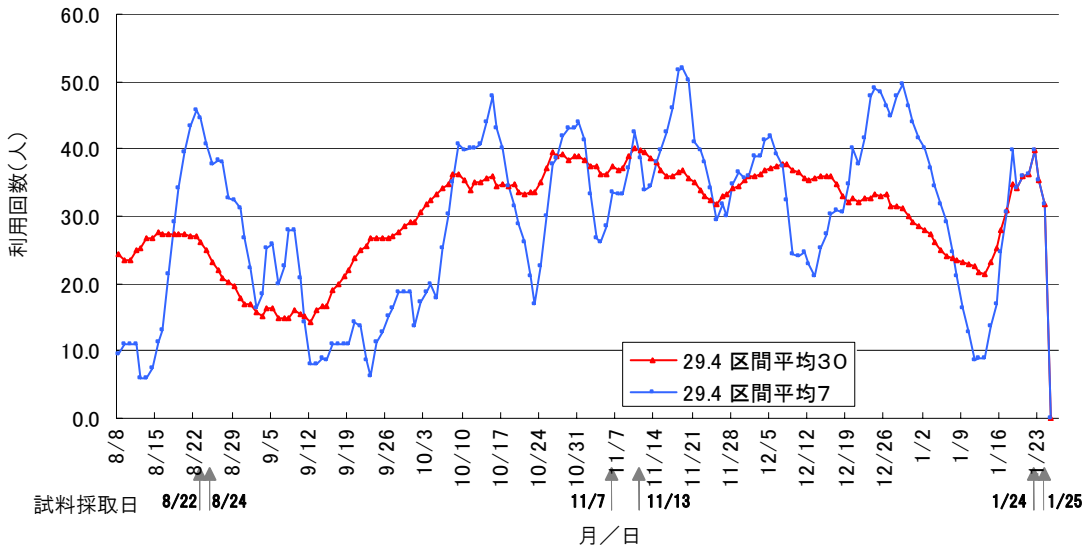


図 6-4　利用回数(区間平均値)

※　図 6-4 は、プロットされた日を起点に 7 日(30 日)間の区間平均値をとっているため、値は各軸とも記録終了日の 7 日(30 日)前で終了している。

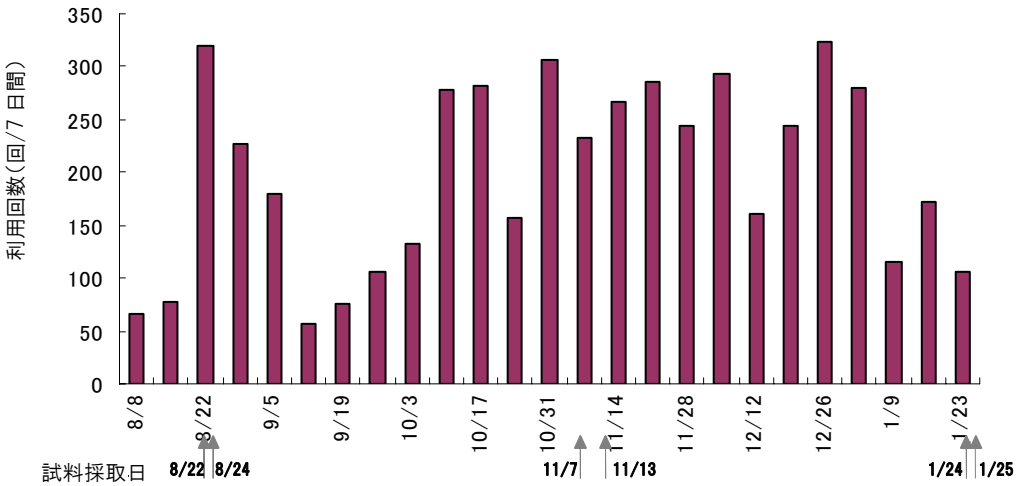


図 6-5　利用回数(週毎累計値)

表 6-3　利用回数

	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月
1 日	－	40.5	10	56	35	43
2 日	－	34.5	16.5	45.5	38.5	45
3 日	－	★(15)	31.5	60.5	29.5	50
4 日	－	39.5	37	33.5	35	53
5 日	－	40.5	休	15.5	49	42.5
6 日	－	★(14)	休	44	29	31.5
7 日	－	★(0)	休	33.5	35.5	26
8 日	31	★(0)	36	休	56	32.5
9 日	休	49.5	27.5	0	38.5	25
10 日	★(0)	46.5	38	56.5	46	30
11 日	35	43.5	22.5	50	39.5	35
12 日	休	休	52.5	51.5	29	24.5
13 日	休	19.5	35	40.5	18.5	休
14 日	休	37	34	33.5	休	休
15 日	42	休	76	28.5	休	休
16 日	★(10)	休	20.5	36	36	休
17 日	休	休	41	30	49	休
18 日	休	休	21	17	28.5	38
19 日	★(4)	休	58	56.5	16.5	25
20 日	10.5	24.5	57	65.5	47	33.5
21 日	26	36.5	61.5	45	13.5	22.5
22 日	55.5	15.5	43	47	21	53
23 日	58.5	休	休	61.5	41	42.5
24 日	53	休	休	68.5	47.5	63.5
25 日	36.5	休	休	20.5	57.5	－
26 日	36.5	22.5	39.5	44	53.5	－
27 日	38.5	21.5	38	休	31	－
28 日	41	休	26.5	37.5	40	－
29 日	48.5	休	14.5	34	65	－
30 日	31.5	35.5	38.5	34.5	48	－
31 日	32.5	0	52	0	43	－

★　印は、カウンターのいたずらと思われるため、グラフ上は 0 値としている。

6-1-4 １日当たりの消費電力量

１日当たりの消費電力量及び累積値を図 6-6 に示す。消費電力量の累計は 117.3kWh で、最大は 1.4kWh／日で期間中に 2 日間であった（8/9、8/10）。これは 6-1-6 で詳述するスタートボタン押回数が多いことによる影響と考えられる。最小は 0.1kWh／日、平均値は 0.43kWh／日であった。本装置を稼動するには最低 0.636kWh／日が必要であるため、平均値はそれを下回る結果となっているが、蓄電量が足りず稼働できなかった例もあることから、足りているわけではない。

また、本装置は太陽光発電を採用しているため、日照時間の影響を受ける。気象庁のデータでは、平成 19 年 8 月～平成 20 年 1 月の日照時間(図 6-8、表 6-6)を平成 18 年と比較すると 112 時間、平成 17 年と比較すると 128 時間も少ないことが分かる。

なお、11 月 14 日には杉チップの含水率を下げるためコンプレッサーをディーゼル発電機により 2 時間稼動させ、並行してバッテリーの充電も行った。

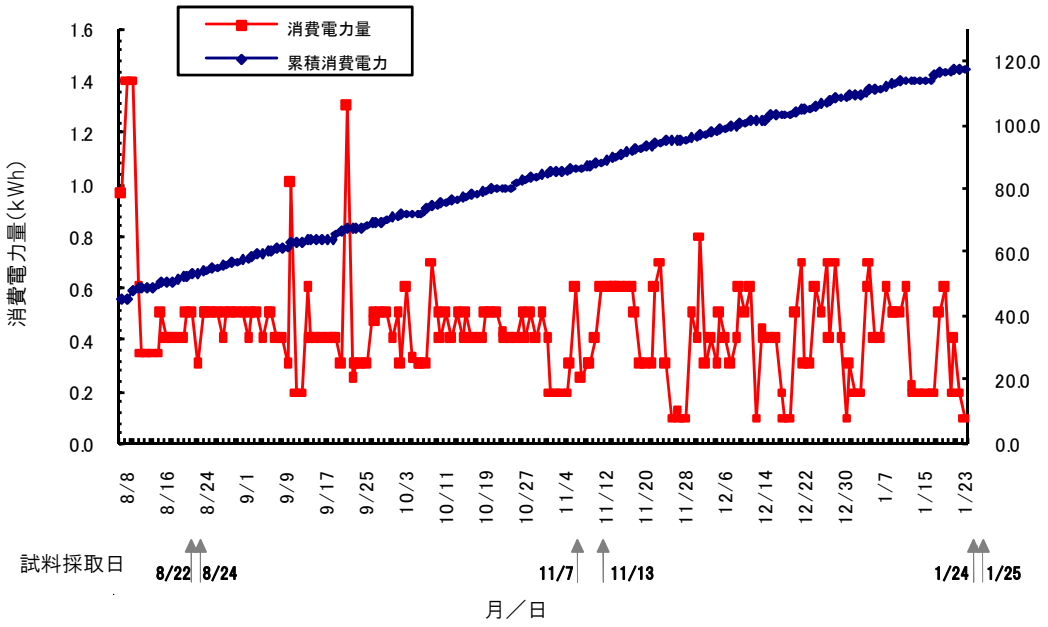


図 6-6 １日当たりの消費電力量

6-1-5 天気及び日照について

本装置は、太陽光パネルによる発電を行っているため、試験現場の天気の状態を記録し、その変化の様子を図 6-7 及び表 6-4、6-5 に示した。店舗休業日は天気が未記録であるため、石垣島の気象庁データを参考値として代入した。

晴または晴/曇は全体の 53.0%で、それ以外は 47.0%であった。また、台風が 7 日間あり、中でも 9 月と 10 月のものは最大瞬間風速が約 60mで、いずれも 1 日あたりの降水量は 200mm を超えていた。

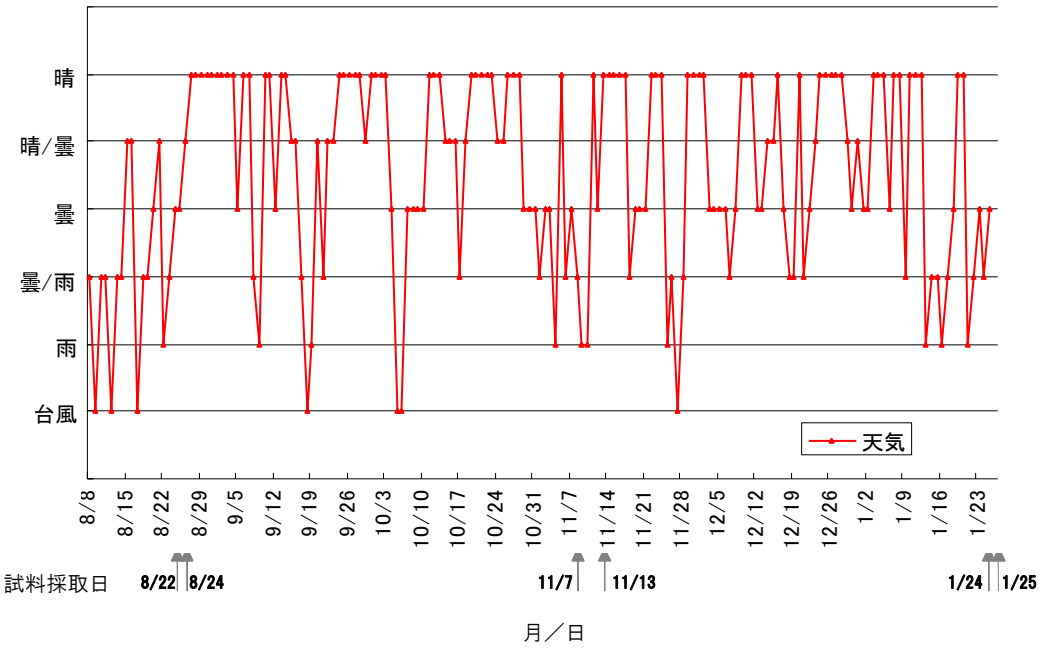


図 6-7 天気

表 6-4 各天気の日数

天気	日数	%
晴	69 日	40.6%
晴/曇	21 日	12.4%
曇	35 日	20.6%
曇/雨	28 日	16.5%
雨	10 日	5.9%
台風	7 日	4.1%
計	170 日	

表 6-5 天気

	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月
1 日	-	晴	晴	曇／雨	晴	曇
2 日	-	晴	晴	曇	晴	曇
3 日	-	晴	晴	曇	曇	晴
4 日	-	晴	曇	雨	曇	晴
5 日	-	曇	台風	晴	曇	晴
6 日	-	晴	台風	曇／雨	曇	曇
7 日	-	晴	曇	曇	曇／雨	晴
8 日	曇／雨	曇／雨	曇	曇／雨	晴／雨	晴
9 日	台風	雨	晴／雨	雨	晴	曇／雨
10 日	曇／雨	晴	晴／雨	雨	晴	晴
11 日	曇／雨	晴	晴	晴	晴	晴
12 日	台風	曇	晴	曇	曇	晴
13 日	曇／雨	晴	晴	晴	曇	雨
14 日	曇／雨	晴	晴／曇	晴	晴／曇	曇／雨
15 日	晴／曇	晴／曇	晴／曇	晴	晴／曇	曇／雨
16 日	晴／曇	晴／曇	晴／曇	晴	晴	雨
17 日	台風	曇／雨	曇／雨	晴	曇	曇／雨
18 日	曇／雨	台風	晴／曇	曇／雨	曇／雨	曇
19 日	曇／雨	雨	晴	曇	曇／雨	晴
20 日	曇	晴／曇	晴	曇	晴	晴
21 日	晴／曇	曇／雨	晴	曇	曇／雨	雨
22 日	雨	晴／曇	晴	晴	晴／雨	曇／雨
23 日	曇／雨	晴／曇	晴	晴	晴／曇	曇
24 日	晴／雨	晴	晴／曇	晴	晴	曇／雨
25 日	晴／雨	晴	晴／曇	雨	晴	-
26 日	晴／曇	晴	晴	曇／雨	晴	-
27 日	晴	晴	晴	台風	晴	-
28 日	晴	晴	晴	曇／雨	晴	-
29 日	晴	晴／曇	曇	晴	晴／曇	-
30 日	晴	晴	曇	晴	曇	-
31 日	晴		曇		晴／曇	-

気象庁統計データより、試験期間中である 8 月から 1 月の日照時間を図 6-8 および表 6-6 に示す。これによると、例年に比べ、19 年度においては日照時間が例年の 85%程と少ない状態にあり、太陽光発電を利用している本装置としては、厳しい状況での実証となったことが確認できる。

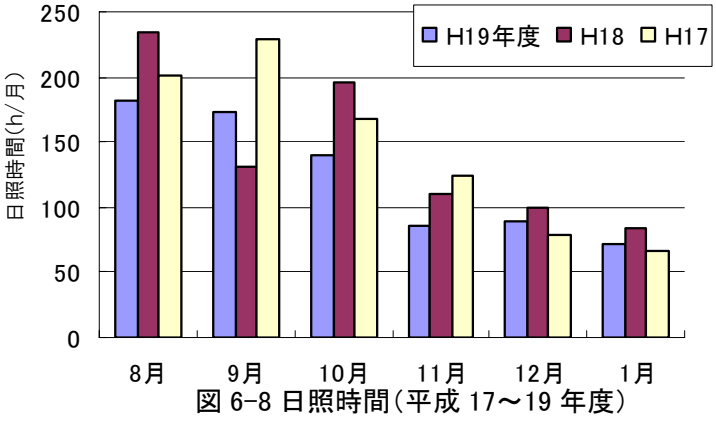


図 6-8 日照時間(平成 17～19 年度)

表 6-6 日照時間(平成 17～19 年度)

(h)	H19 年度	H18 年度	H17 年度
8 月	181	233.9	201.9
9 月	172.4	130.3	228.4
10 月	139.2	195.2	168.4
11 月	86.5	109.8	124.3
12 月	88.3	99.6	79.4
1 月	72.4	83.7	65.6
計	739.8	852.5	868

6-1-6 スタートボタン押回数

利用者が撹拌回転羽を作動させるためのスタートボタンを押した回数を日常管理項目として記録した。その結果を、図 6-9 及び表 6-7 に示す。

このスタートボタンは、大便ブースにのみ設置されており、小用の場合においては押さないよう注意書きを掲示している。そのため、トイレの利用回数より低くなっている。

1 日あたりの押回数が 10 回以上を記録したのは、9/13、9/22、9/30、11/10、12/16、12/20、12/25、12/29、1/4、1/22 の計 10 日間であった。

なお、この値はスタートボタンによる回転数のみを記録しているため、自動運転による回転数については含まれていない。

撹拌羽スタートボタンのランプが消灯した日と日照時間との関連性を表すグラフを図 6-10 に示す。

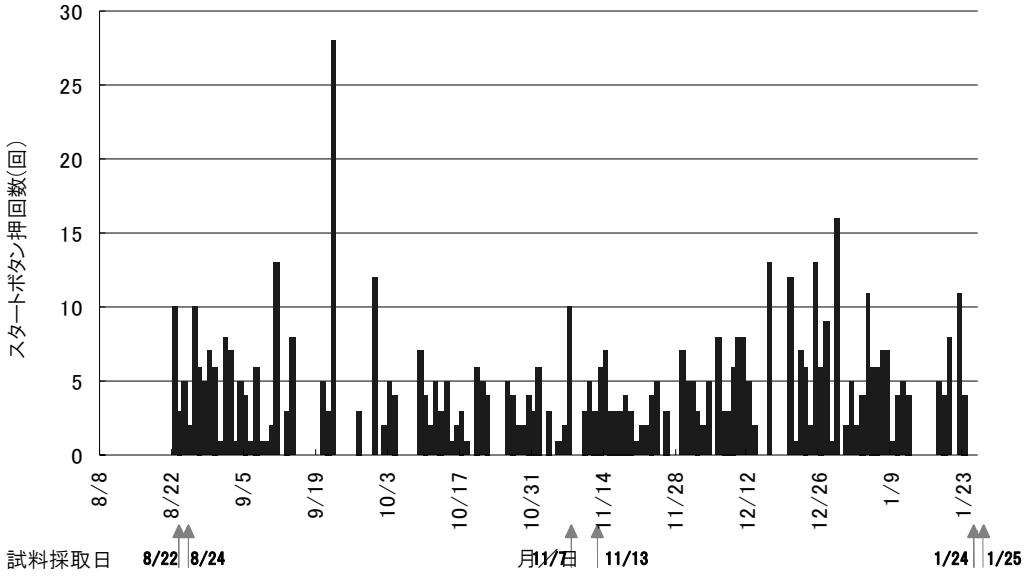


図 6-9 スタートボタン押回数

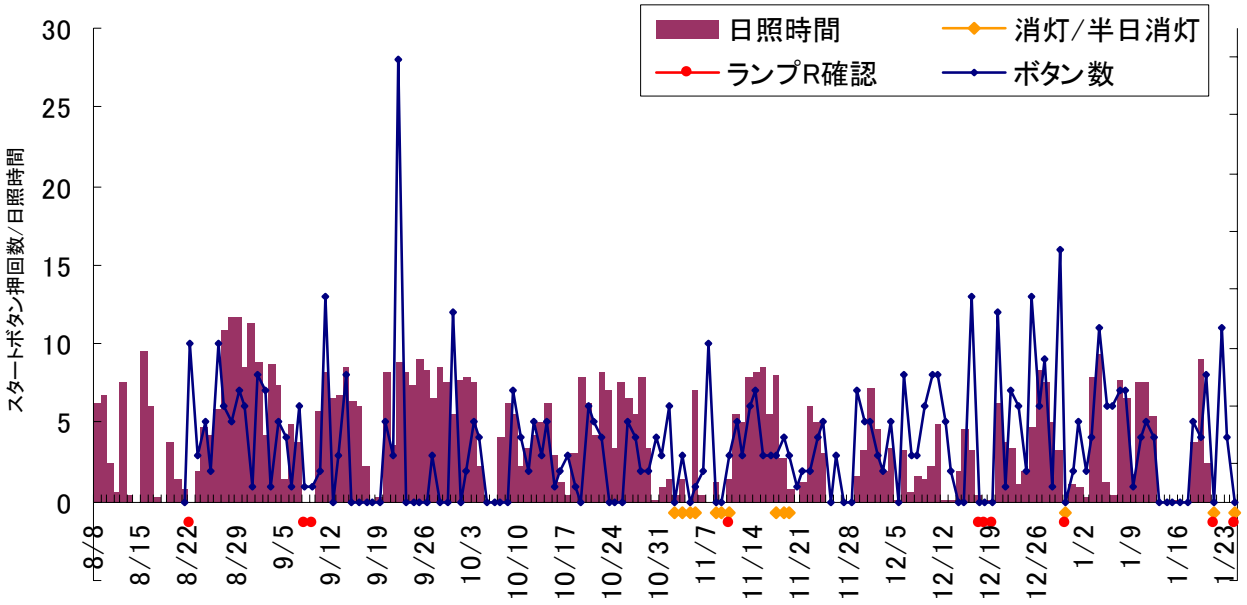


図 6-10 スタートボタン押回数と日照時間との関係

表 6-7　スタートボタン押回数

	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月
1 日	−	8	0	6	5	5
2 日	−	7	2	0	3	2
3 日	−	1	5	3	2	4
4 日	−	5	4	0	5	11
5 日	−	4	休	1	0	6
6 日	−	1	休	2	8	6
7 日	−	6	休	10	3	7
8 日	−	1	0	休	3	7
9 日	−	1	7	0	6	1
10 日	−	2	4	3	8	4
11 日	−	13	2	5	8	5
12 日	−	休	5	3	5	4
13 日	−	3	3	6	2	休
14 日	−	8	5	7	0	休
15 日	−	休	1	3	0	休
16 日	−	休	2	3	13	休
17 日	−	休	3	3	0	休
18 日	−	休	1	4	0	5
19 日	−	休	0	3	0	4
20 日	−	5	6	1	12	8
21 日	0	3	5	2	1	0
22 日	10	28	4	2	7	11
23 日	3	休	休	4	6	4
24 日	5	休	休	5	2	0
25 日	2	休	休	0	13	−
26 日	10	0	5	3	6	−
27 日	6	3	4	休	9	−
28 日	5	休	2	0	1	−
29 日	7	休	2	7	16	−
30 日	6	12	4	5	0	−
31 日	1		3		2	−

スタートボタン押回数が 0 の日

消費電力量と利用回数の関係を図 6-11、スタートボタン押回数と利用回数の関係を図 6-12 およびスタートボタン押回数と消費電力量の関係を図 6-13 に示す。

消費電力量と利用回数の関係における相関係数は 0.024 と相関は見られず、利用回数とスタートボタン押回数においての相関係数は 0.381 となり相関は見られなかった。一方で、スタートボタン押回数と消費電力量においては、相関係数は 0.593 となり他の関係よりも高い関係が得られた。また、スタートボタン押回数が利用回数に占める割合は平均で約 13%（但し、電力不足によりスタートボタンを押した際にカウントされない場合がある）となった。これらの値は、一回の利用にあたって撹拌ボタンを 1 回押すという行為であれば、全ての値は相関するが、今回の装置では撹拌のスタートボタンは大便時のみに押すように指示していることから、利用があっても、一部の人しか電力消費につながるスタートボタン押行為を行っていないことがわかる。

また、スタートボタンの押回数と消費電力量には関連が他の組み合わせより高いことから、利用回数の増加に応じて消費電力量も増えることが想定できる。

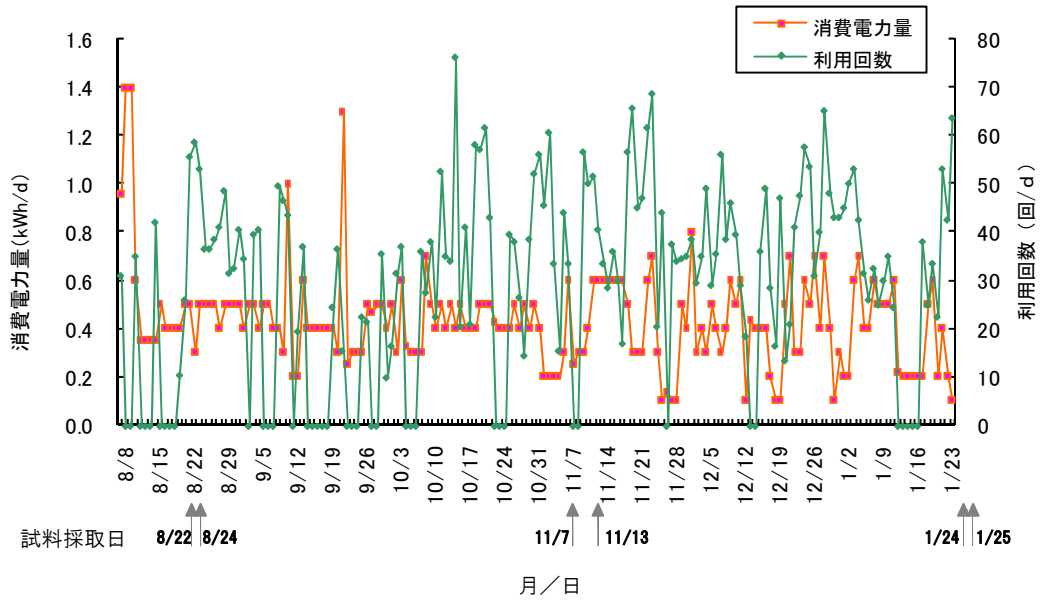


図 6-11 消費電力量、利用回数の関係

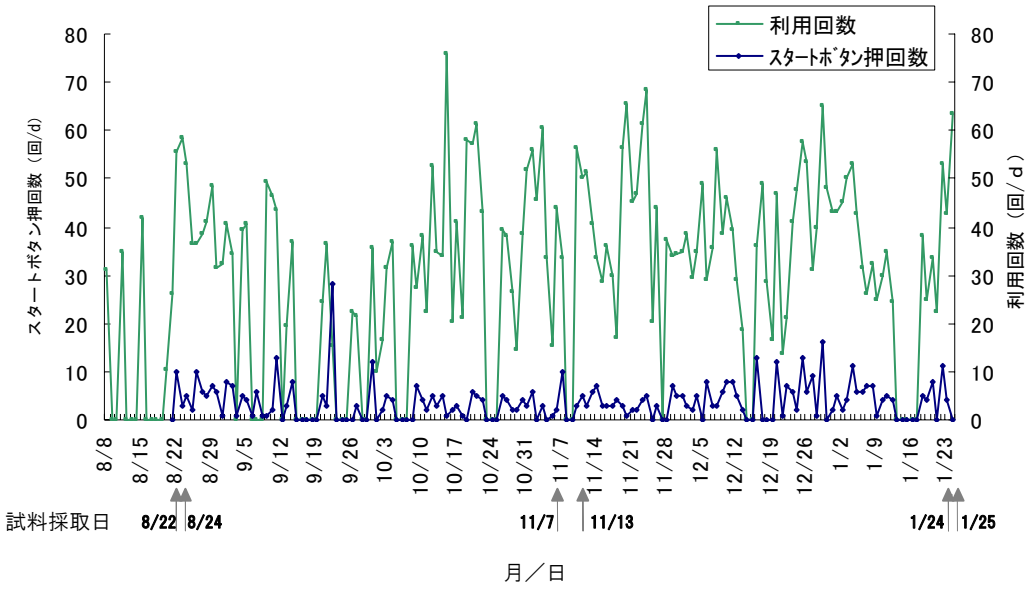


図 6-12 スタートボタン押回数、利用回数の関係

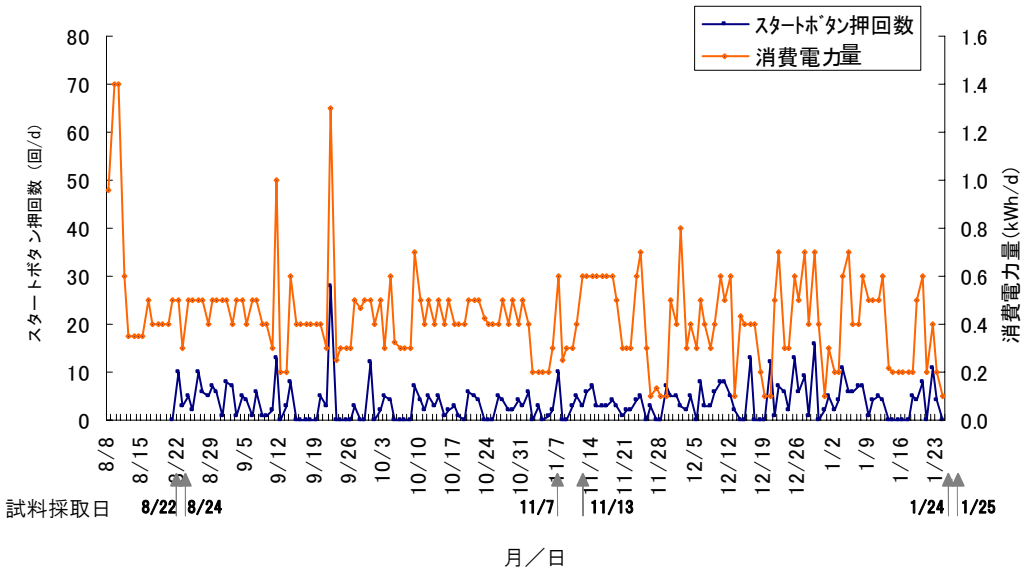


図 6-13 スタートボタン押回数、消費電力量

6-1-7 杉チップ使用量及び費用

利用開始時に便槽へ 600L の杉チップを投入、その後、3 ヶ月に 1 回 10L の追加を基本としている。今回の実証試験中に、木質媒体の含水率が高くなったことへの対応として、11 月 7 日の時点で 60L を追加した。

そのため、期間中の杉チップに関する費用面については 6000 円（1000 円/10L）となる。

6-1-8 稼動条件・状況のまとめ

稼動条件・状況のまとめを以下に示す。また、性能提示値との比較を表 6-8 に示す。

表 6-8 稼動条件・状況に関する試験結果概要

	提示値	実証値
適正稼動が可能な気温	10℃～40℃（気温）	17.0℃～33.0℃（日常管理記録） 13.6℃～32.4℃（気象庁データ）
処理能力	50 回／日（平常時） 100 回／日（集中時）	38.1 回／日（131 日間） 29.4 回／日（170 日間） 76 回／日（最大利用回数）
消費電力量	0.63kWh／日	0.43kWh／日
杉チップ使用量	初期 600L（3 ヶ月毎 10L 追加）	60L 追加

（気温・湿度）

気温は、日常管理記録において 17.0℃～33.0℃、気象庁データにおいて 13.6℃～32.4℃を推移し、結果として本装置の適正稼動温度である 10℃～40℃の範囲内であることが確認できた。

また、湿度は 39.0%～88.0%を推移し、平均では 73.1%であったことから、湿度の高い状態における実証試験であったといえる。

（利用回数）

期間中のトイレの利用は 4,990 回、全期間 170 日間での平均利用回数は 29.4 回／日で、トイレが実際に利用された 131 日間では 38.1 回／日となった。最大利用回数は 76 回／日、最低利用回数は 10 回／日（休業日除く）であった。本装置の処理能力は、平常時 50 回／日、利用集中時 100 回／日であることから、試験結果は範囲内の負荷状況であり、また全体の平均利用回数から判断すると平常時の 6 割から 8 割程度の負荷であったことが確認できた。

（消費電力量・天気）

天気に関しては、晴または晴/曇は全体の 53.0%で、それ以外は 47.0%であった。また、台風が 7 日間あり、最大瞬間風速が約 60m で、1 日あたりの降水量は 200mm を超える規模であったが、それによる故障やトラブルはなかった。

消費電力量の累計は 117.3kWh で、平均 0.43kWh/日の消費があった。本装置の提示値は 0.63kWh／日であり、撹拌装置が作動できなかった日が 17 日間あったことから、太陽光による発電が十分でなかったと推測される。その原因としては、例年より少ない日照時間が影響していると考えられる。これらのことから、蓄電能力については、さらに余裕を持つ必要があると考えられる。

（利用回数、消費電力量、スタートボタン押回数の関係）

スタートボタン押回数と消費電力量においては、相関係数は 0.593 となり他の関係（消費電力量と利用回数、利用回数とスタートボタン押回数）よりも高い値が得られた。また、スタートボタン押回数が利用回数に占める割合は平均で約 13%となったことから、小用の利用が多かった、または、電力不足によりスタートボタン

を押したが稼動せずカウントされなかったものが多少含まれていると推測される。

（杉チップ使用量及び費用）

木質媒体（杉チップ材）の含水率が高くなったことへの対応として、60L を追加投入した。仕様では 3 ヶ月に 1 回 10L の追加を基本としているため、40L ほど多く追加していることになる。

杉チップ材の費用は 10L あたり 1000 円であるため、試験期間に要した費用は 6,000 円であった。

6-2 維持管理性能

6-2-1 日常管理

日常の維持管理(日常管理)にかかる試験は、カイジ浜で土産物屋を経営しているクリーン竹富の登野原氏の協力を得て実施した。

表 6-9 日常管理

項目	内容
実施日	試験期間中(2007 年 8 月 8 日から 2008 年 1 月 24 日)のうち トイレを使用した 131 日間
実施者	登野原栄立　他従業員
作業人員	1 人
作業時間	30 分程度
作業内容	日常管理簿に基づく確認・記録及び清掃 (チップの状態、排気口、カウンター数値、室内の清掃状態、 媒体内の温度、バッテリー残量等)
作業性	・ 媒体の量の確認について、撹拌ｱｰﾑに目印がほしい ・ 杉チップの団子状の塊への対応について、奥にある物まで粉砕するのは専用の道具が必要 ・ 利用者数カウンターは、トイレ利用者の目に触れない場所に設置することがよい ・ 大便器の汚れが落ちづらい ・ 小便器床で尿の染みつきの臭気が感じる ・ 媒体内温度について、媒体内温度を常時確認する必要があるのであれば自動測定の設置が望ましい ・ バッテリーの確認について、チェックするランプの場所を明確に示してほしい ＜その他＞ ・ 入り口のドアに使用中又は空室とかの表記があればもっと使いやすい ・ 異常音が発生した際の緊急停止方法がわからなかった ・ 分離液を測定する窓は視認性が悪ため改良した方がよい ・ トイレを使用した後の感想を聞いてみたところ使用条件、臭気などに違和感がないが、手を洗いたいという要望がある

6-2-2 専門管理

専門管理は沖縄県環境整備協会が実施した。当初予定していた専門管理は試料採取時等にあわせて 3 回を予定していたが、追加調査およびアンケート調査時にも実施したため、計 5 回となった。また、試料採取等の作業行程を 2 日以上に分けて行っている場合があるため、一回の記録が複数日にわたっている場合がある。

期間中に発生した専門管理内容で特筆すべき点は、杉チップ材の補充、分離液の抜き取り、臭突管・排気管の改善、コンプレッサーの稼動、チェーンの調整である。分離液の抜き取り作業については、「表 6-11 分離液の引き抜き及び処分」に別途記載した。

専門管理者からの指摘も含め主な内容を以下に示す。

○ **新たな杉チップ材の補充や異物の混入対応のための開口部が必要**

期間中に 1 度、杉チップ材を 60L 補充する際と、異常音が確認された際に槽内を確認することが十分出来なかったことが指摘された。

○ **臭突管・排気管の改善**

台風による雨水の混入が心配されたため、現場で臭突管・排気管を改善した。改善前の台風による影響も危惧されたが、交換時に配管内の水分貯留等も特に確認されなかったため、結果として大きな影響を受けていないものと考えられる。

図 6-14 90° ｴﾙﾎﾞ

⇒

図 6-15 T 管

○ **コンプレッサーの稼動**

上部槽内の水分負荷が多くなり、杉チップ材の状態が悪化したため、含水率を下げることを目的として 11 月の時点でコンプレッサーを稼動し、エアーを送り込む作業を行った。2 時間程度実施したが、状態はほとんど改善されなかった。

○ **チェーンの調整**

異常音の原因確認と状況改善を目的として、チェーンの緩み調整等を実施した。

表 6-10 専門維持管理

	第1回	第2回	追加調査		アンケート収集	第3回
実施日	平成 19 年 8 月 22 日	11 月 7 日	11 月 13 日	11 月 14 日	12 月 6 日	平成 20 年 1 月 24 日～25 日
実施者	田港、三笠、登野原	田港、 登野原	田港、三笠、 登野原	三笠、 登野原	田港	田港
作業時間	14:00～16:30	12:00～16:45	13:00～16:30	09:00～12:00	10:30～16:00	11:00～15:20
作業内容	専門管理票、点検作業要領に基づき作業実施 （杉チップ・量（媒体）／杉チップ槽内温度／杉チップ・処理状況（水分）／分離液貯留量／撹拌アーム／ヒーター設定℃／チェーンの張り／スプロケットの状態／ベアリングの状態／ブロワーポンプ／制御盤（ﾊﾞｲｵﾄｲﾚ）／排気換気扇／ギヤードモーター／水配管（水漏れ）／太陽光パネルの状態／蓄電池の状態／太陽光発電制御盤関係／撹拌モータータイマー／ブロワーポンプタイマー／排気換気扇タイマー／発電機／コンプレッサー／絶縁測定）					
備考	分離液の採取量が少ない為、再採取を実施（8/24）	杉チップ材を 4 袋（60L）補充した	利用者カウンター防護カバーを取り付ける（いたずら防止のため）	臭突管、換気扇管の底部に水抜き穴を空ける	利用者アンケート収集	チェーンのゆるみが確認された（6ｃｍ程度）
			臭突管、換気扇管底部の配管取り替えをする（90° ｴﾙﾎﾞからＴ管へ）	チップの含水率を下げるためコンプレッサーでエアー撹拌を行う		分離液量が測定器の最上部に達している（17.4cm）
				蓄電池を 2 時間程度充電した		ブロワ固定用ゴムの１本が断裂していた

■特記事項

平成 20 年 1 月 25 日に、トイレを稼動したところ大便器側の撹拌アームが折れた状態で巻き上げられてきたため、取り出して写真撮影したのち、洗浄してトイレ下に保管し、通常運転を継続した。その後、経過観察として 3 月 3 日に確認したところ、杉チップの状態は良好であった。

図 6-16 撹拌アームの折れ

6-2-3 分離液の引き抜き及び処分

分離液は、杉チップ内で過剰になった水分が下部槽に溜まったものである。試験期間中に計 5 回 308Lの、分離液を貯留タンクから引き抜く必要性が生じたことから、過負荷や電力不足の状態では、分離液の引き抜きが必要となることが確認された。その内容を表 6-11 に示す。なお、引き抜いた分離液は、地元自治体に相談し、農地圃場還元することで対応した。分離液水位については、図 6-24(p54)において示す。

分離液を採取もしくは引き抜くことを考慮した構造になっていないため、初回は現場で手動ポンプを改良しながら実施したが、効率的に実施できなかったので、2 回目以降は、貯留タンクの上部を開けて行った。

また、水位を測定するための窓口は備わっていたが、ブロワでばっ気がされていることもあり、正確な数値が把握しづらい状態であった。

表 6-11 分離液の引き抜きおよび処分

搬出日	11 月 7 日	11 月 13 日	11 月 14 日	12 月 6 日	12 月 8 日
搬出時間	13:00	14:00	11:00	−	−
天候	曇時々小雨	曇時々小雨	晴	−	−
気温(℃)	25.0	25.0	25.0	−	−
引き抜き量	120L 15L×8 缶	60L 15L×4 缶	10L 15L×1 缶	88L 15L×6 缶	30L 15L×2 缶
引き抜き方法	18L 用水缶にて運搬				
最終処理・処分方法	農地圃場還元				
作業上の問題点	分離液の抜き取り作業の際、手動の給油ポンプを使用し軽量箱から作業を行ったが、専用の引き抜き口もしくは開閉バルブが必要ではないか。				
その他				引き抜き後 6.5cm程度まで分離液量を下げた。	引き抜き後 5.0cm程度まで分離液量を下げる。

6-2-4 トラブル対応

発生したトラブルと対応内容を以下に示す。

トラブル及び異常が確認されたのは、試験期間中に4回であった。このうち第1回目のカウンター値の異常については、装置上のトラブルではなく、利用者のイタズラが原因と考えられ、現場で応急処置を行った以降は順調に稼動した。

12 月 13 日と 1 月 12 日に発生した異常音と 1 月 25 日に発見した撹拌アームの破損に関しては、関連性が高いが原因を究明できていない。撹拌アームは装置を稼動する上で非常に重要な役割を担うことから慎重な対応が必要である。なお、撹拌アームが一本欠落した後については、外観上では撹拌状態に悪化は認められていない。撹拌アームを取り出す際の作業と同様に、槽内への異物混入があった場合の確認方法や取り出しを容易にするための改善が指摘された。

表 6-12 トラブル発生内容および対応内容

期日	平成 19 年 8 月 16 日	平成 19 年 12 月 13 日	平成 20 年 1 月 12 日	平成 20 年 1 月 25 日
状況	カウンターが続けて低い値を示した。人為的な操作によるものと判断	異常音が発生し、トイレを一時使用中止	異常音が発生し、トイレを一時使用中止	上部槽内に折れた撹拌アームを確認
発見の経緯	通常より使用回数が少ない	日常管理清掃を実施した際に異常音を確認	日常管理清掃を実施した際に異常音を確認	専門管理の際に撹拌アームの破損を確認
対処方法	カウンターを段ボールで覆い使用者の目に触れないようにした	異物の混入の有無、駆動部分の異状の有無を確認	チェーンの緩みを調整	取り出して、洗浄後に保管し、通常運転の継続
原因	カウンター確認ボタンが視線の位置に設置	不明	不明	不明
作業場の問題	目立たない場所に設置するか、施錠することが必要	異物の確認および取り出しが容易にできる開口部が必要		異物の確認および取り出しが容易にできる開口部が必要

6-2-5 維持管理マニュアルの信頼性

申請者である(株)ミカサが作成した維持管理マニュアルの使い勝手や信頼性について、以下に示す。

記入者名	社団法人沖縄県環境整備協会　田港朝幸
担当作業内容	分離液の引き抜き、チップの補充、異物の混入捜査等
使用したマニュアル名	バイオ分解式トイレ“バイオミカレット”　取り扱い説明書
読みやすさ	①とてもよい　[②よい]　③ふつう　④あまりよくない ⑤よくない　⑥その他（　　）
理解しやすさ	①とてもよい　[②よい]　③ふつう　④あまりよくない ⑤よくない　⑥その他（　　）
正確性	①とてもよい　②よい　[③ふつう]　④あまりよくない ⑤よくない　⑥その他（　　）
情報量	①とてもよい　②よい　[③ふつう]　④あまりよくない ⑤よくない　⑥その他（　　）

その他、気づいた点や要望等

- ○ 太陽光発電について日常点検作業時に作動停止する方法を明記したほうがよいのでは。（併せて安全管理上駆動装置の緊急停止方法の記載が必要）
- ○ チップの補充及び入れ替え作業が容易に出来る説明がほしい。
- ○ 大便器の使用後に押す撹拌ボタンが便座の真後ろにあるため分かりにくい。入り口ドアの開閉に合わせて自動的に撹拌出来るような事が望ましい。
- ○ 日照不足で機器の作動が停止していても使用できるのは効果的である（臭気についてほとんど違和感はない）
- ○ 分離液の引き抜きの際は専用の引き抜きバルブなどがほしい。
- ○ 杉チップの補充及び異物の混入対応の際に使用できる開口部がほしい。
- ○ 分離液の測定器（箱）の目盛りの設置と数値が安定しないため構造を検討する必要がある。
- ○ 日常管理チェックシートに記入する部分を具体的に説明する必要がある。
- ○ 杉チップの適正な色合い、不良な状況の色合い若しくは数値的な判断があれば補充、取り替えが容易に判断できる。

（マニュアルチェックシート）

6-2-6 維持管理性能のまとめ

（日常管理）

日常管理はカイジ浜の土産物屋従業員によって、1 日 1 回実施した。1 回あたりの作業時間は 30 分程度であった。①杉チップを補充する量やタイミングを確認するため、撹拌アームに目印があると望ましいこと、②杉チップの団子状の塊を粉砕するための道具が必要であること、③水を使わないトイレであるため、便器の汚れへの対策が必要であるなどの意見が出された。

また、異常音などの発生時に緊急対応としての情報が必要との意見もあった。

（専門管理および維持管理マニュアルの信頼性）

専門管理は試料採取時等にあわせて計 5 回実施した。1 回あたりの作業時間は、一回当たり 3 時間程度であった。期間中に発生した専門管理内容で主なものは、杉チップ材の補充、分離液の抜き取り、臭突管・排気管の改善、コンプレッサーの稼動、チェーンの調整である。

これら作業を通じて、①新たな杉チップ材の補充及び異物の混入対応のための開口部がない、②分離液の貯留量を把握しづらい、③分離液の引き抜きが容易でない、④台風対策として実施した臭突管・排気管の改善は効果的である、⑤短時間でのコンプレッサーの稼動は十分な効果が得られない、という知見が得られた。

維持管理マニュアルに関しては、読みやすさ、理解しやすさについては「よい」という評価で、正確性、情報量については中間的な評価となっているが、①日常管理に必要な部位を具体的に説明する必要がある、②杉チップの性状を適切に判断するための基準があれば補充・取り替えが容易に判断できる、③装置の緊急停止方法を明確にする必要があると指摘があった。

（分離液の引き抜き及び処理・処分）

試験期間中に計 5 回 308Lの分離液を引き抜く必要性が生じたことから、過負荷や電力不足の状態では、分離液の引き抜きが必要となることが確認された。なお、引き抜いた分離液は、農地圃場還元することで対応した。

（トラブル対応）

異常音（2 度発生）と撹拌アームの破損に関しては、関連性が高いが原因を究明できなかった。撹拌アームは装置を稼動する上で非常に重要な役割を担うことから本トラブルについては、原因究明と改善が必要であることが指摘された。

6-3 室内環境

6-3-1 室温

（１）大便室

大便室では、室温は最低 13.5℃～最高 43.2℃を推移し、平均は 25.2℃であった。8 月、9 月の平均気温は約 30℃で、その後、徐々に低下し、1 月は 20℃であった。

表 6-13 室温(大便室)

(℃)	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月
最高	43.2	41.5	37.0	36.4	31.4	33.5
最低	25.5	24.3	19.5	17.7	14.2	13.5
平均	29.9	29.1	26.9	23.3	21.6	20.0

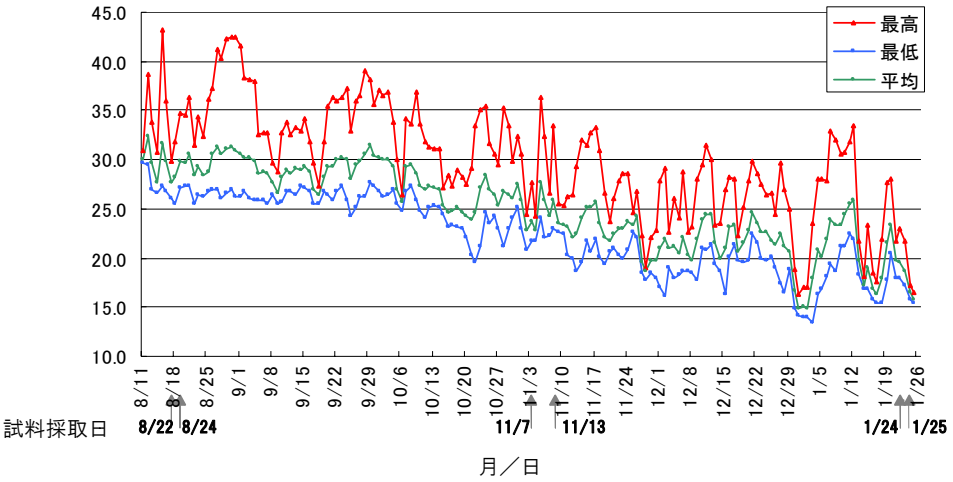


図 6-17 室温(大便室)

（２）小便室

小用室では、室温は最低 13.7℃から最高 41.7℃を推移し、平均は 25.0℃であった。大便室と同様に 8 月、9 月以降は徐々に低下し、1 月の平均気温は 20.6℃であった。

表 6-14 室温(小便室)

(℃)	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月
最高	38.7	41.7	40.5	40.0	40.2	41.7
最低	25.1	24.1	19.3	17.9	14.2	13.7
平均	29.1	29.1	27.3	23.7	22.1	20.6

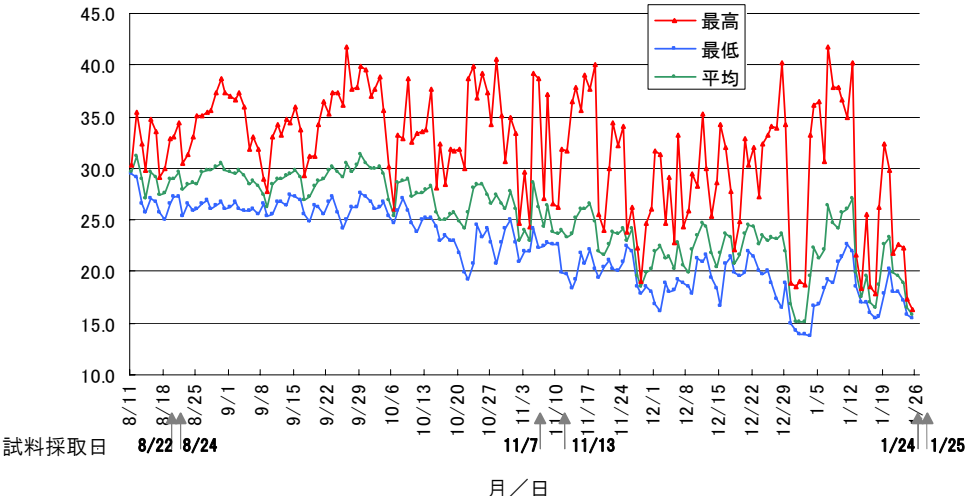


図 6-18 室温(小便室)

6-3-2 湿度

(1)大便室

湿度は、最低 40.0%から最高 97.0%を推移し、平均は 74.6%となった。8 月、9 月は平均湿度が 80%近くまであがり、10 月はわずかに 70%を下回ったが、それ以外で大きな変化はなかった。

表 6-15 湿度(大便室)

(%)	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月
最高	91.0	95.0	93.0	95.0	93.0	97.0
最低	43.0	47.0	40.0	43.0	48.0	44.0
平均	78.8	76.0	69.5	71.1	70.5	76.7

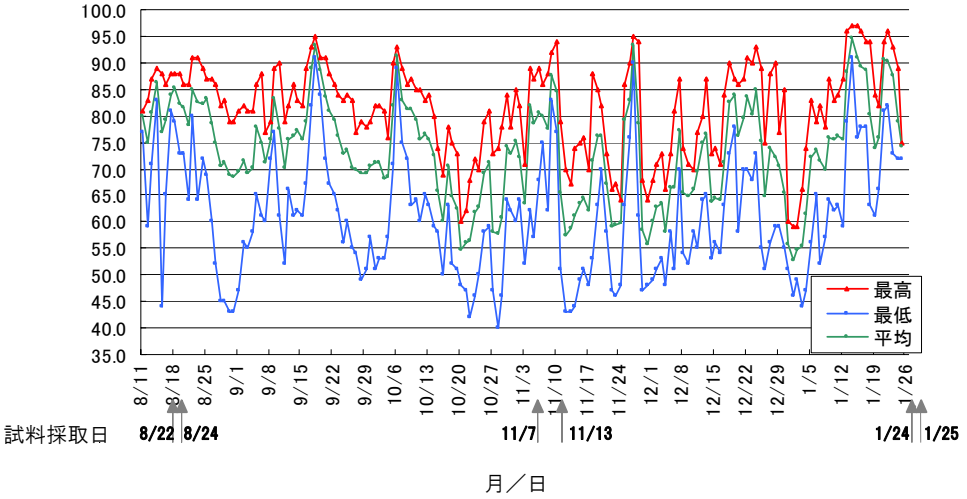


図 6-19 湿度(大便室)

(2)小便室

湿度は、最低 29.0%から最高 99.0%を推移し、平均は 73.3%となった。8 月、9 月の湿度は大便室とほぼ同じ数値を記録したが、10 月以降では、小便室の最低湿度が低い値を維持し、1 月の時点では 30%を下回る値となった。

表 6-16 湿度(小便室)

(%)	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月
最高	96.0	99.0	99.0	98.0	94.0	97.0
最低	54.0	46.0	33.0	31.0	36.0	29.0
平均	80.7	77.0	71.8	72.6	71.5	76.6

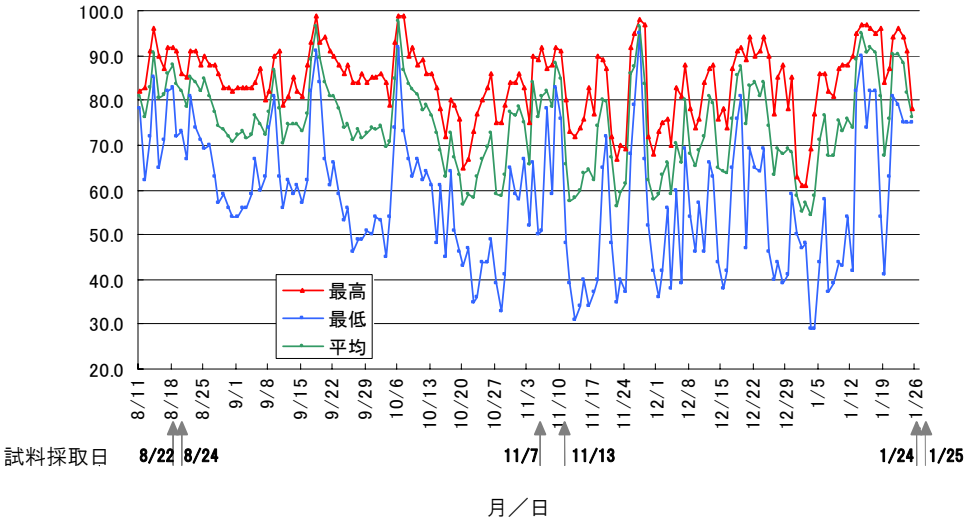


図 6-20 室度(小便室)

6-3-3 許容範囲

トイレブース内の臭気や明るさ等についての許容範囲をはかるため、利用者に対してアンケートを実施した。

調査日は、8 月 22 日、12 月 6 日～8 日、1 月 24 日～25 日の計 6 日間で、回答者数は、59 件であった。以下に、結果を示す。（□内は回答件数）

周期については 9 割以上が許容範囲と回答し、室内の明るさ、便器内で装置が動いていることについては、いずれも約 8 割が許容範囲であった。また、不快と回答した人はごくわずかで、フリーアンサーについても好意的なものがほとんどであった。

1. トイレ室内のにおいはどうでしたか？

① 許容範囲内である 91.5% 54

② どちらともいえない 6.8% 4

③ 不快である 1.7% 1

まったく感じません／特に臭いはない／杉のにおいがよかったです／木のにおいがした(良い)／思ったより臭いはない／あまり感じなかった／ぜんぜん気にならなかった

2. トイレ室内の明るさはどうでしたか？

① 許容範囲内である 78.0% 46

② どちらともいえない 20.3% 12

③ 不快である 1.7% 1

足元がもう少し明るいほうが良い／昼は良いが、夜は少々暗いのではないだろうか／昼間だったので電気なくても問題なし

3. 便器の中で装置が動いていることについて、どうですか？

① 許容範囲内である 81.4% 48

② どちらともいえない 18.6% 11

③ 不快である 0.0% 0

何かな、とは思ったけどそれ以上は気にならない／びっくりした／よかった

4. その他、気付いたことなどを自由に記入してください

両方とも大便器にしたほうが良いかと思います／環境にやさしいすばらしいシステムだと思います／きれいなトイレをありがとうございます／問題なし／木が良い感じでした／自然の中で違和感なく使用でき、においも少なく快適に使えました。もっと広まるといいと思います／大変に助かっています

調査日 8/22, 12/6-8, 1/24-25

性別（男 66.1% 39 女 32.2% 19 無回答・1.7% 1）

年代（10代・20.3% 12 20代・13.6% 8 30代・18.6% 11 40代・11.9% 7
50代・11.9% 7 60代以上・20.3% 12 無回答・3.4% 2）

男性の場合は使用した便器の種類をご記入ください。（小便器 27）

6-3-4 室内環境のまとめ

（室温）

大便室側の室温は平均25.2℃～43.2℃の範囲を推移し、外気温よりも高い値となっていた。また小便室のデータもほぼ近似している。平均気温の傾向としては、8 月、9 月が最も高く 30℃近い値を示し、その後、徐々に低下し、1 月の時点で最も低い値を示した。

（室内湿度）

室内湿度は平均 73.2%と室外湿度と近似しており、今回の試験地が多湿であるため、その影響を受けているものと思われる。また、小便室のデータもほぼ近似している。8 月、9 月の湿度は大便室とほぼ同じ数値を記録したが、10 月以降では、小便室の最低湿度が低い値を維持し、1 月の時点では 30%を下回る値となった。

（許容範囲）

室内のにおいについては約 9 割が許容範囲と回答、明るさについては約 8 割が許容範囲と回答、装置が作動していることについても 8 割が許容範囲と回答していることから、トイレ室内の快適性については問題ないものと考えてよいだろう。

ただし、今回のような高温・多湿な地域においては、通気の確保等による快適性への配慮も必要と思われる。

6-4 周辺環境への影響

6-4-1 土地改変状況

本装置は、石垣島から貨物輸送船にて搬送し、港からは4tユニック車で移動した。

カイジ浜への設置に関しては、景観に配慮し、また、台風の影響をできるだけ受けにくい場所を選定した。

オープンスペースを活用して設置したため、現地の地形変更等は特に行っていない。 なお、台風対策として、トイレの四隅に 500kg のコンクリートブロックを設置し、ワイヤーでトイレと固定した。

表 6-17 土地改変状況

設置面積	3.895 ㎡（1900*2050） コンクリートブロックの設置（500kg*4）
地形変更	なし
作業方法	4tユニック車による搬入、設置 （石垣島から竹富島へは貨物輸送船にて搬送）

6-5 処理性能

6-5-1 現場測定結果と考察

現場で測定した項目としては、(1)室内温度および杉チップ内温度、(2)混合・撹拌状態、(3)色、(4)臭気、(5)アンモニア窒素濃度及び硫化水素ガス濃度、(6)分離液水位があげられる。それぞれの分析結果を以下に示す。

(1)室内温度および杉チップ内温度

1 日 1 回、日常管理の際に室温を測定した。最高温度は 9 月 22 日の 38.8℃、最低は 1 月 2 日の 15.0℃であった。気温に比べ室内温度が比較的高くなっている。これは、気温は平均値を用いており、室温は 17:00 に記録した数値であることが原因と考えられる。夕方にかけて温度が上がっているのは、西日による影響と考えられる。

媒体内温度は、11 月 13 日より日常点検項目に追加し記録した。測定方法は、日常管理時に温度計を媒体内に差し込んで目視により確認した。最高は 11 月 16 日の 29.0℃で、最低は 1 月 2 日の 14.5℃、平均は 22.6℃で気温に沿う形で推移した。一般的に発酵には 35℃前後の温度が必要であるが、それを下回る結果となったことから、自然発酵による発熱は今回の試験の中では見られなかった。

本装置は、補助電源や処理槽を加温するためのヒーターを装備しているが、試験地域が温暖であるため、ヒーターは使用せずに実証試験を行ったことから気温、室温と同様な変化を示した。

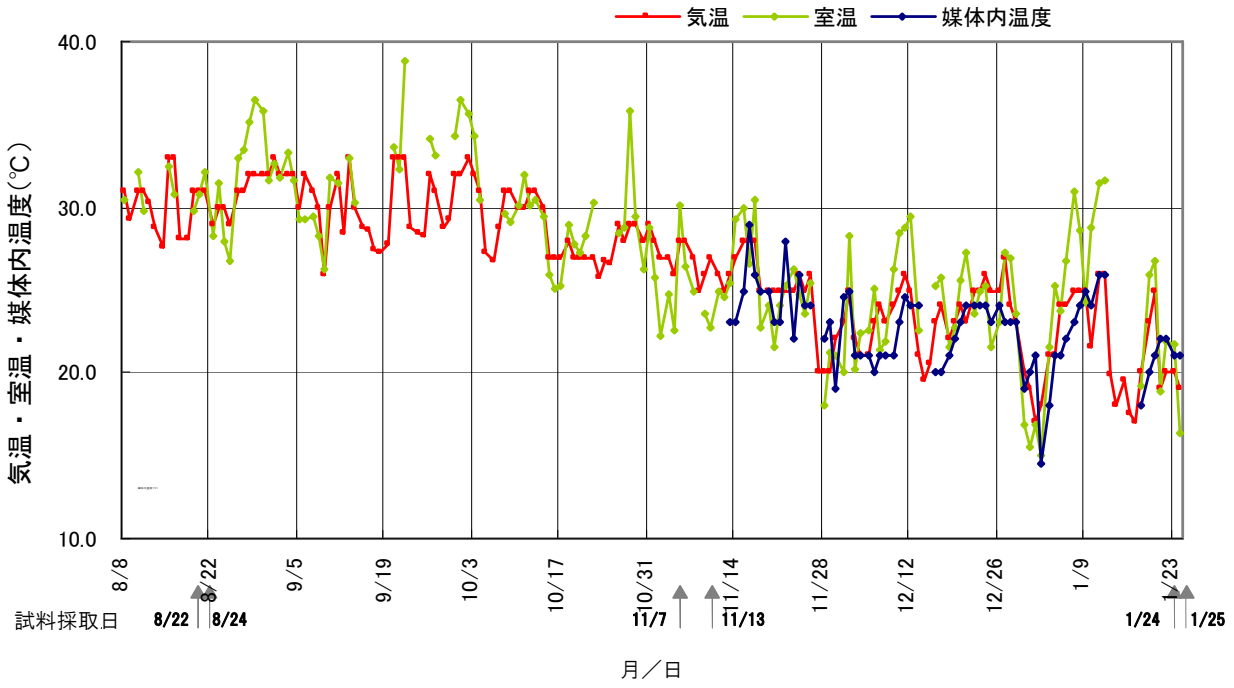


図 6-21 室温・媒体内温度の関係

(2)混合・撹拌状態

混合・撹拌状態の点検結果を以下に示す。

上部槽内の杉チップが水分過多の状態となったことから、11 月 7 日の時点で杉チップ材を 60L 追加した。そのため 6 日後の 11 月 13 日には槽内媒体の状態はやや回復傾向を示した。

杉チップの撹拌は、トイレ利用者が撹拌ボタンを押した場合、槽内のスクリューが 60 秒正回転後に 5 秒停止し、その後 25 秒逆回転することとなっており、押さない場合でも 90 分間隔で稼動するよう設定してあるが、1 月 24 日には、天候の不良から電力が不足し、撹拌装置が稼動しなかったため、汚物が蓄積してしまっている状態が確認され、電力の回復を待って稼動させた。

表 6-18 混合撹拌状態

	8/22	11/7	11/13	1/24
槽内の混合・撹拌状態	良好	水分がチップ表面より認められる	良好	天候不良のため、電力不足で稼動停止状態

(3)色

杉チップ材の色については、期間中を通して大きな変化は見られなかった。上部槽内は、8 月 22 日～11 月 13 日までは薄茶褐色を維持し、1 月 24 日の時点で茶褐色を示した。また下部槽内の分離液については、11 月 13 日までは褐色を維持し、1 月 24 日の時点では茶褐色を示した。

表 6-19 色

点検場所	8/22	11/7	11/13	1/24
上部槽内	薄茶褐色で良好	薄茶褐色で良好	薄茶褐色で良好	茶褐色で良好
下部槽内　分離液	褐色で良好	褐色で良好	褐色で良好	茶褐色で良好

(4)臭気

臭気については、11 月 7 日の時点で上部槽・下部槽ともに若干のアンモニア臭が確認されたが、他の調査時点ではほとんど感じない、という状況であった。

表 6-20 臭気

採取場所	8/22	11/7	11/13	1/24
上部層内	ほとんど感じない	若干のアンモニア臭	ほとんど感じない	ほとんど感じない
下部槽内	ほとんど感じない	若干のアンモニア臭	ほとんど感じない	ほとんど感じない

(5)アンモニアガス及び硫化水素ガス濃度

アンモニアガスは、11 月7日の時点では換気扇から8.0ppm 検出された。これは前述する臭気の観測記録に一致している。硫化水素は、各計測時ともに ND(＜0.2ppm)という結果となった。労働安全衛生法第 65 条の規定に基づく作業環境評価基準では、硫化水素は5ppmであることから、作業環境上問題ないといえる。

表 6-21 アンモニアガス濃度 （ppm）

	8/22	11/7	1/24
換気扇	ND	8.0	ND
大便器	ND	ND	ND

表 6-22 硫化水素ガス濃度 （ppm）

	8/22	11/7	1/24
換気扇	ND	ND	ND
大便器	ND	ND	ND

ガス検知管のスペック((株)ガステック)

図 6-22　アンモニア検知管

アンモニア　　NO.3L
NH3　　Ammonia
仕様目盛範囲:　　(1)～30ppm〔基準 n＝1〕
測定範囲:　　0.5〔n＝2〕～78ppm〔n＝1/2〕
吸引回数〔n〕:　　1〔基準〕,1/2,2
1 回(100ml)の吸引時間:　　1 分
検知限度:　　0.2ppm〔n＝2〕
変色:　　桃色→黄色
温・湿度補正:　　なし
有効期限:　　3 年
指示精度:　　CV＝5～10%
(CV:変動係数＝σ:標準偏差÷平均値×100)

図 6-23　硫化水素検知管

硫化水素 NO.4LT
H2S　　Hydrogen sulfide
仕様目盛範囲：　　0.2～2ppm〔基準 n＝1〕
測定範囲：　　0.1〔n＝2〕～4ppm〔n＝1/2〕
吸引回数〔n〕：　　1〔基準〕,1/2,2
1 回（100ml）の吸引時間：1 分
検知限度：　　0.05ppm〔n＝2〕
変色：　　淡黄色→赤褐色
温・湿度補正：　　温度
有効期限：　　2 年（冷蔵庫保存）
指示精度：　　CV＝5～10%
（CV：変動係数＝σ：標準偏差÷平均値×100）

(6)分離液水位

本装置は、槽内が水分過多の状態になると、余剰水を分離液として貯留する構造となっている。そこで、分離液の水位は、日常管理時に貯留槽側面にある測定窓から読み取ることとし、11 月 13 日より計測を開始した。なお、計測時はばっ気を行っている場合と行っていない場合とあるため誤差を含んでいる。

「6-2-3　分離液の引き抜き及び処分」に示したとおり、分離液の引き抜きを実施したのは11月7日が最初で、それ以降、計 5 回実施した。総引き抜き量は 308L となる。最後に引き抜きを実施したのは 12 月 8 日であるが、それ以降も水位は上昇しており、貯留水位の最高値を記録したのは1月 24 日で、17.5cm であった。この状態は、分離液の貯留量が満水の状態である。基本的に水位は上昇傾向にあるが、その間で何度か下がっていることが確認された。これは夏季の気温が 30℃近くあり、湿度が約 80%あったものが、11 月からは気温が下がるとともに湿度が 70%程度まで低下したことにより、水分が蒸発したものと考えられる。

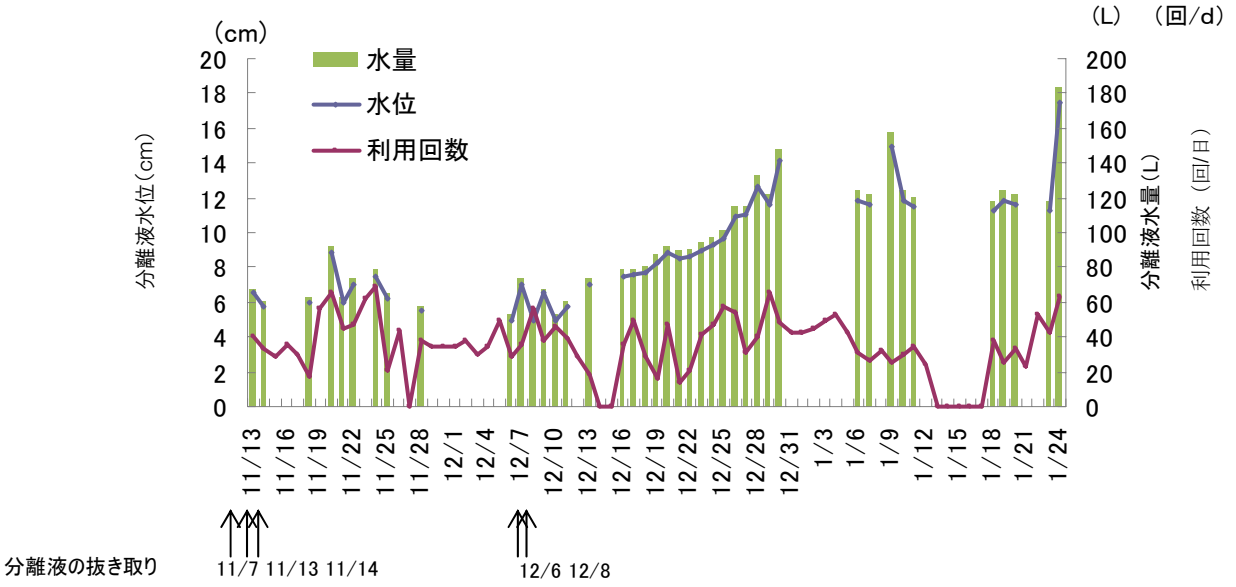


図 6-24 分離液水位・水量・利用回数

※　*11/29-12/5　12/31～1/5 においては、水位が見えない状態が続いていた。*
（水位が測定できない理由については、明るさや測定窓の汚れ等が原因と考えられる）

表 6-23 分離液水位・水量・利用回数

	水位	水量		水位	水量		水位	水量
−	−	−	12/1	−	−	1/1	−	−
−	−	−	12/2	−	−	1/2	−	−
−	−	−	12/3	−	−	1/3	−	−
−	−	−	12/4	−	−	1/4	−	−
−	−	−	12/5	−	−	1/5	−	−
−	−	−	12/6	5	52.5	1/6	11.8	123.9
−	−	−	12/7	7	73.5	1/7	11.6	121.8
−	−	−	12/8	5	52.5	1/8	−	−
−	−	−	12/9	6.5	68.25	1/9	15	157.5
−	−	−	12/10	5	52.5	1/10	11.8	123.9
−	−	−	12/11	5.8	60.9	1/11	11.5	120.75
−	−	−	12/12	−	−	1/12	−	−
11/13	6.5	68.25	12/13	7	73.5	1/13	−	−
11/14	5.8	60.9	12/14	−	−	1/14	−	−
11/15	−	−	12/15	−	−	1/15	−	−
11/16	−	−	12/16	7.5	78.75	1/16	−	−
11/17	−	−	12/17	7.6	79.8	1/17	−	−
11/18	6.0	63	12/18	7.7	80.85	1/18	11.3	118.65
11/19	−	−	12/19	8.3	87.15	1/19	11.8	123.9
11/20	8.8	92.4	12/20	8.8	92.4	1/20	11.6	121.8
11/21	6.0	63	12/21	8.5	89.25	1/21	−	−
11/22	7.0	73.5	12/22	8.6	90.3	1/22	−	−
11/23	−	−	12/23	9	94.5	1/23	11.3	118.65
11/24	7.5	78.75	12/24	9.3	97.65	1/24	17.5	183.75
11/25	6.2	65.1	12/25	9.6	100.8	−	−	−
11/26	−	−	12/26	10.9	114.45	−	−	−
11/27	−	−	12/27	11	115.5	−	−	−
11/28	5.5	57.75	12/28	12.7	133.35	−	−	−
11/29	−	−	12/29	11.6	121.8	−	−	−
11/30	−	−	12/30	14.1	148.05	−	−	−
−	−	−	12/31	−	−	−	−	−

6-5-2 杉チップの性状分析結果

杉チップの性状分析においては、採取したチップからの検液を溶出することで実施した。また、乾燥重量あたりの値は、検体の希釈度から算出した計算値である。

(1)含水率

図 6-25 及び表 6-24 に杉チップ材の含水率の推移を示す。最も低い時で 68.9%、最も高い時は 75%であった。含水率は利用回数が多い 11 月がピークとなり、それ以降は下がっている。また、大便器側と小便器側において大きな差はみられなかったことから、槽内の混合が行われていることが確認された。

11/7 から 11/13 にかけて含水率が低下している点については、杉チップの追加投入の効果であると考えられる。

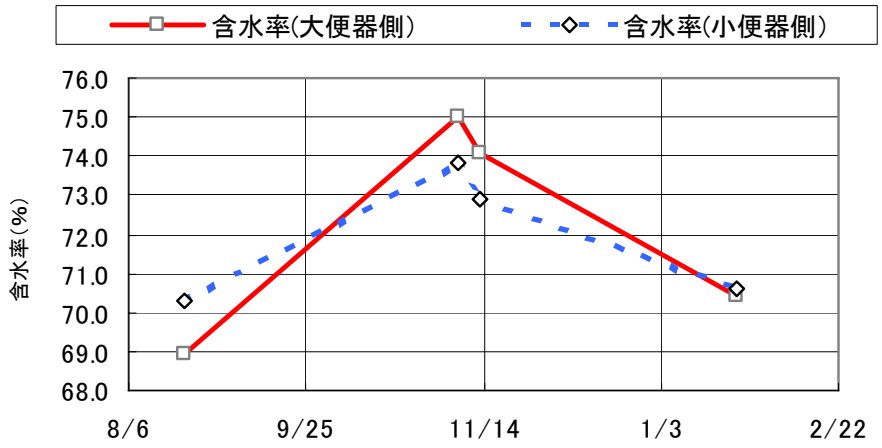


図 6-25 含水率

表 6-24 含水率

		単位	8/22	11/7	11/13	1/24
含水率	大便器側	%	68.9	75.0	74.1	70.4
	小便器側	%	70.3	73.8	72.9	70.6

(2)単位体積重量

図 6-26 及び表 6-25 に単位体積重量の推移を示す。

大便器側、小便器側のいずれもほぼ同じ値を示しており、11/7 に数値が下がっているのは杉チップ材を補充したことが原因と考えられる。

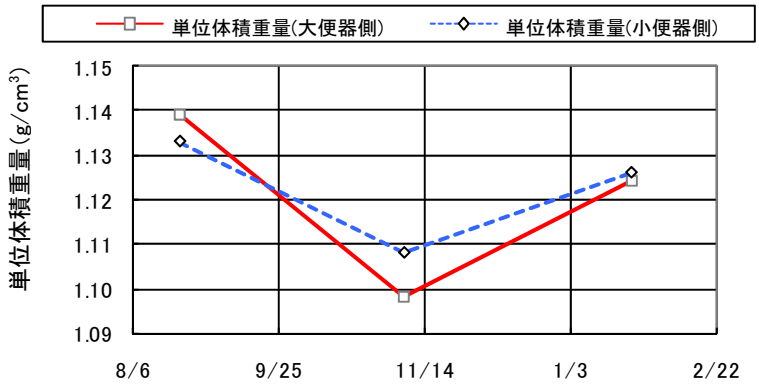


図 6-26 単位体積重量

表 6-25 単位体積重量

			8/22	11/7	1/24
単位体積重量	(大便器側)	g/cm^3	1.14	1.10	1.12
	(小便器側)	g/cm^3	1.13	1.11	1.13

(3)蒸発残留物

図 6-27 及び表 6-26 に蒸発残留物の推移を示す。蒸発残留物とは、水を加熱して水分を蒸発・乾燥させた時に残留する物質の割合を表す値で、水中の固形物量および塩類が多いと数値が高くなる。大便器側、小便器側のいずれもほぼ同じ値を示している。

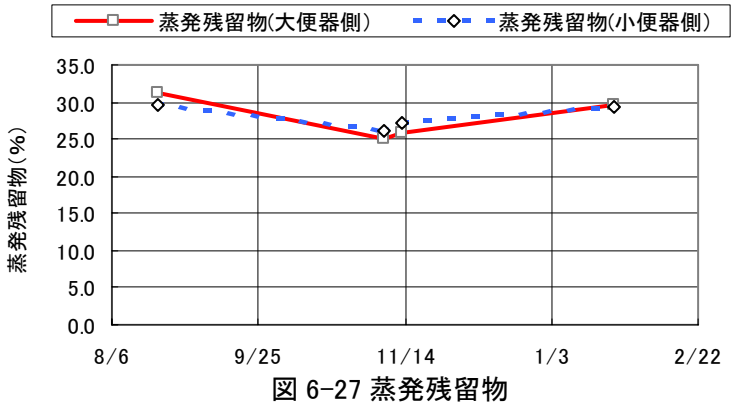


図 6-27 蒸発残留物

表 6-26 蒸発残留物

			8/22	11/7	11/13	1/24
蒸発残留物	(大便器側)	%	31.1	25.0	25.9	29.6
	(小便器側)	%	29.7	26.2	27.1	29.4

(4)強熱減量

図 6-28 及び表 6-27 に強熱減量の推移を示す。強熱減量とは、蒸発残留物を高温で灰化したときに揮散する物質の割合を表す。主に有機物質が揮散するので、有機物量が多くなると値が高くなる。常に小便器側の方が大便器側よりもやや大きな数値を表しており、11 月 7 日の時点における強熱減量が最も高い数値を示し、それ以降は減少傾向にある。11 月の数値が高いのは利用回数が多いため分解がすすんでいない状況であることが想定される。

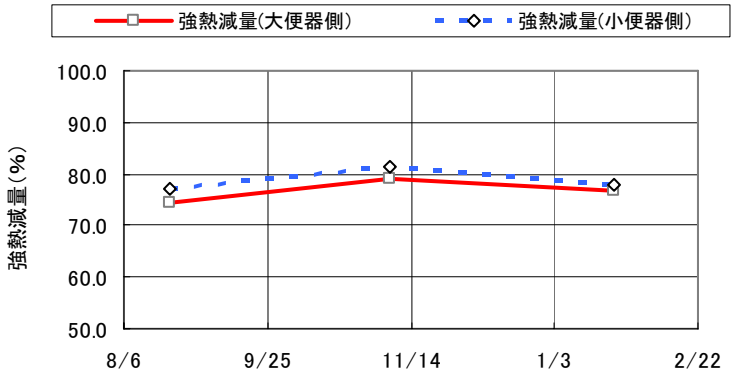


図 6-28 強熱減量

表 6-27 強熱減量

			8/22	11/7	1/24
強熱減量	(大便器側)	%	74.6	78.9	76.9
	(小便器側)	%	77.1	81.5	78.1

（5） pH、電気伝導率

図 6-29 及び表 6-28 に溶出液のpH、 図 6-30 及び表 6-29 に溶出液の電気伝導率の推移を示す。

pHとは、酸性、アルカリ性の度合いを示す指標で、7 のときに中性、それより高い場合はアルカリ性、低い場合は酸性となる。一般にし尿は、排泄時は弱酸性で、時間が経過すると弱アルカリ性を示す。一方、電気伝導率は水溶液の電流を伝える度合いで、水中に溶解しているイオンの量を推定できる。

pHについては、11 月 7 日に弱アルカリ性を示したが、それ以外は弱酸性であった。また、大便器側と小便器側では近い数値が得られた。前述した NH_4 の揮散が認められた 11 月の際、杉チップのpH がアルカリ側であったためによることが推察される。電気伝導率は、大便器側、小便器側のいずれも減少傾向であった。

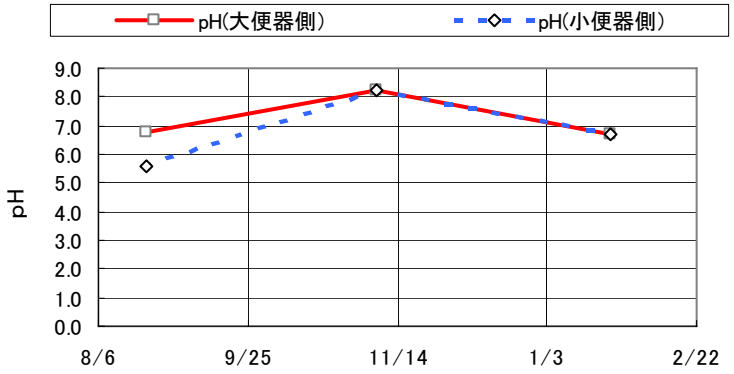


図 6-29 pH

表 6-28 pH

	8/22	11/7	1/24
(大便器側)	6.8	8.2	6.7
pH(小便器側)	5.6	8.2	6.7

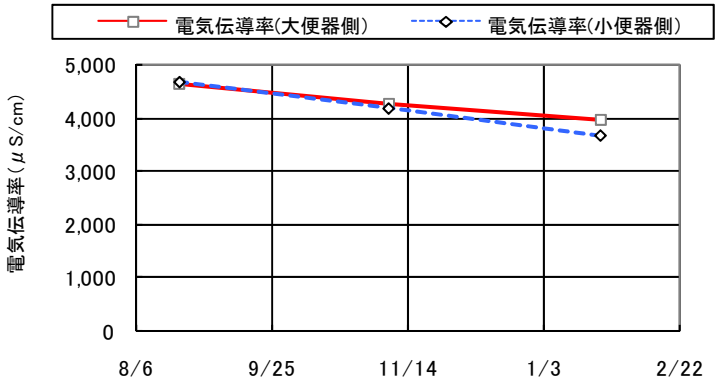


図 6-30 電気伝導率

表 6-29 電気伝導率

			8/22	11/7	1/24
電気伝導率	(大便器側)	μS/cm	4,640	4,250	3,960
	(小便器側)	μS/cm	4,670	4,170	3,660

（6）TOC

図 6-31 及び表 6-30 に、試料中の水分の TOC の値を示す。TOC は、有機物中の炭素量を表す指標で、有機物量が多く、水が汚れてくると値が高くなる。時間とともに大便器側も小便器側も減少傾向にあることから、生物分解が進んでいるものと考えられる。

溶出液の TOC 値をみると、8 月 22 日の場合は、大便側が 2,640m g /L で、小便器側が 2,130m g /L である。一方で、分離液の TOC 値は 1300m g /L であることから、これらを比較することでも、生物分解が進んでいることが確認できる。

①試料に含まれていた水の TOC

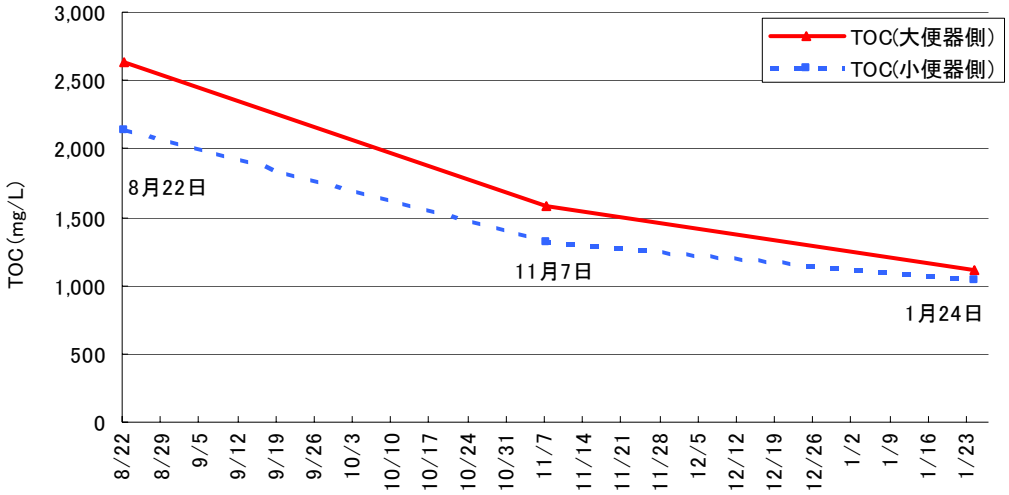


図 6-31 TOC

表 6-30 TOC

		8/22	11/7	1/24
TOC(大便器側)	mg/L	2,640	1,580	1,110
TOC(小便器側)	mg/L	2,130	1,320	1,050

②乾燥重量あたりの TOC

図 6-32 及び表 6-31 に、乾燥重量当たりの TOC の値を示す。

杉チップに捕捉または付着されていた有機物が日数の経過に伴って減少する傾向が確認された。

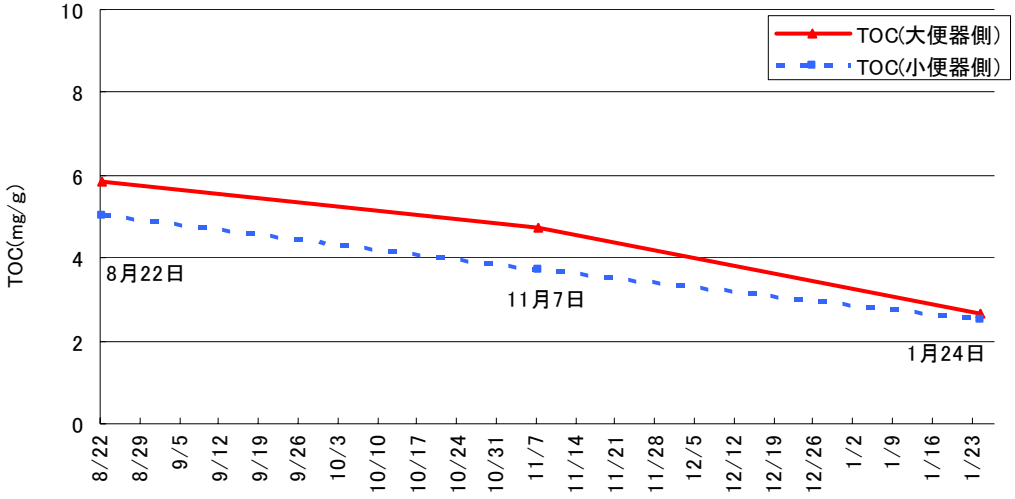


図 6-32 TOC

表 6-31 TOC

		8/22	11/7	1/24
TOC(大便器側)	mg/g	5.84	4.73	2.64
TOC(小便器側)	mg/g	5.05	3.73	2.51

(7)大腸菌と大腸菌群

図 6-33 及び表 6-32 に、試料中の水分の大腸菌の値を示す。

大腸菌群とは大腸菌およびそれによく似た性質を持つ細菌の総称で、一般に収集し尿 1mL 中には 100 万個以上の大腸菌群が存在している。

今回の実証試験においてはヒーター等の加温装置を作動しなかったことから、非常に多くの大腸菌および大腸菌群が確認され、それぞれの値が近似していた。大腸菌および大腸菌群のいずれにおいても大便器側の方が多く検出される傾向があり、糞便由来であることが確認された。一方、小便器側からも確認されたことは、撹拌によるものと考えられる。

大腸菌は、時間とともに減少傾向にあるが、大腸菌群は横ばい傾向を示した。

①試料に含まれていた水の大腸菌

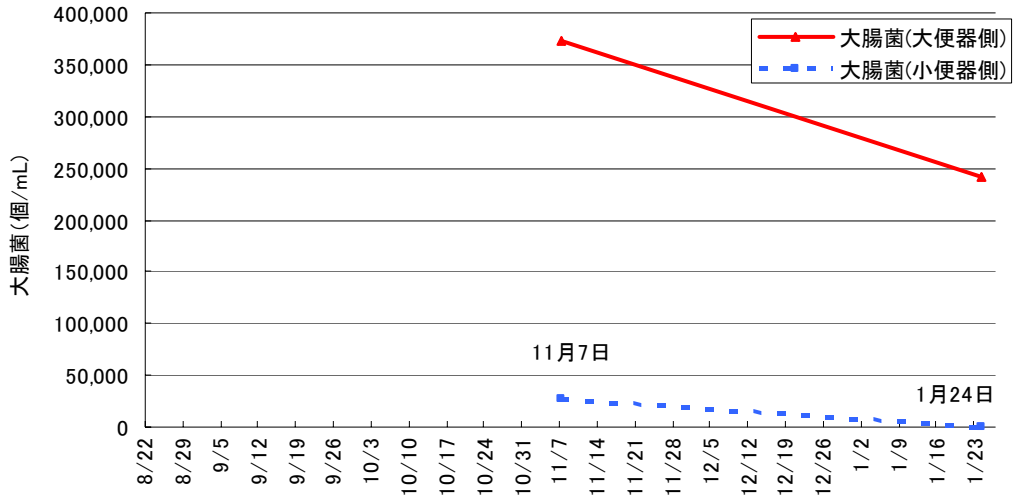


図 6-33 大腸菌

表 6-32 大腸菌

		8/22	11/7	1/24
大腸菌(大便器側)	個/mL	異常値	370000	240000
大腸菌(小便器側)	個/mL	異常値	27000	500

②乾燥重量あたりの大腸菌

図 6-34 及び表 6-33 に、試料中の乾燥重量当たりの大腸菌の値を示す。

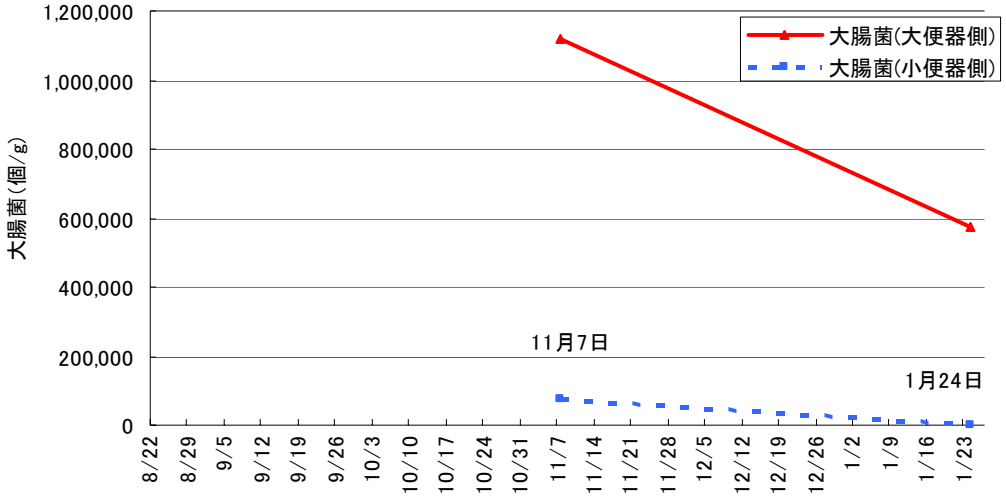


図 6-34 大腸菌

表 6-33 大腸菌

		8/22	11/7	1/24
大腸菌(大便器側)	個/g	異常値	1,120,000	574,000
大腸菌(小便器側)	個/g	異常値	76,000	1,000

(8)大腸菌群

図 6-35 及び表 6-34 に、試料中の水分の大腸菌群の値を示す。

①試料に含まれていた水の大腸菌群

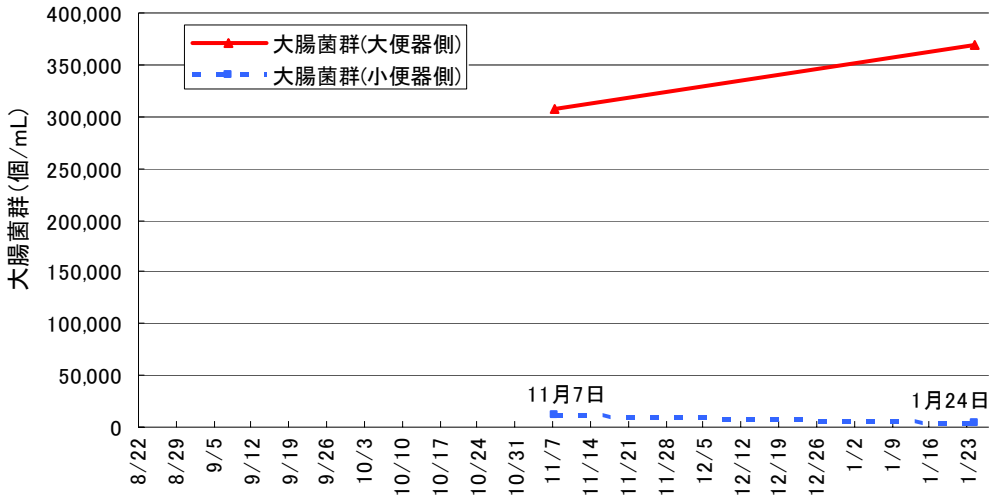


図 6-35 大腸菌群

表 6-34 大腸菌群

		8/22	11/7	1/24
大腸菌群(大便器側)	個/mL	異常値	310,000	370,000
大腸菌群(小便器側)	個/mL	異常値	11,000	4,000

②乾燥重量あたりの大腸菌群

図 6-36 及び表 6-35 に、試料中の乾燥重量あたりの大腸菌群の値を示す。

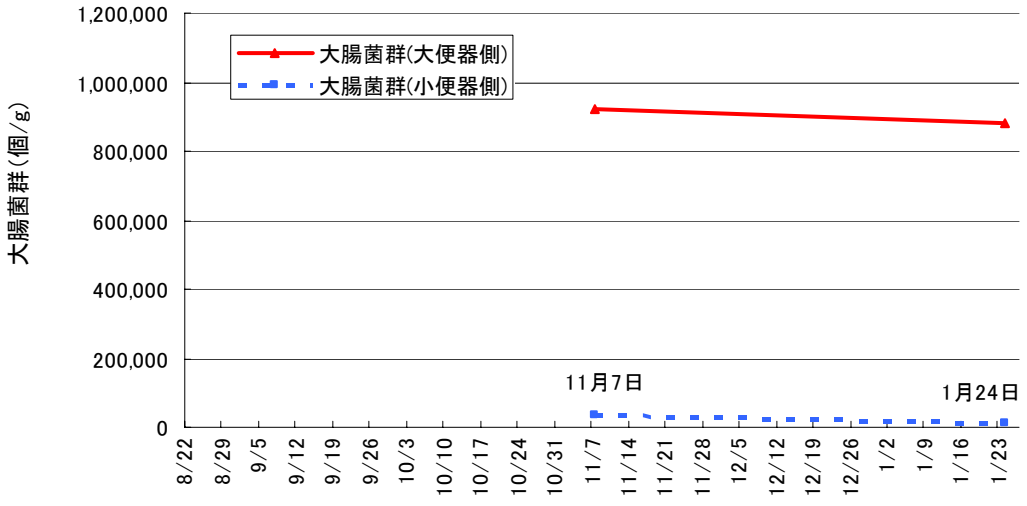


図 6-36 大腸菌群

表 6-35 大腸菌群

		8/22	11/7	1/24
大腸菌群(大便器側)	個/g	異常値	920,000	880,000
大腸菌群(小便器側)	個/g	異常値	32,000	10,000

(9)窒素の各形態

図 6-37 及び表 6-36 に試料中の水分の窒素の各態の推移を示す。

試験期間をとおして亜硝酸性窒素はごくわずかしか検出されず、窒素の大部分を有機性窒素、アンモニア性窒素、硝酸性窒素が占めていた。硝酸性窒素は 11 月 7 日の時点で減少し、その後は増加しているが、それ以外の値は 11 月 7 日に若干増加するが、ほぼ同数値で推移した。

また、硝酸性窒素が検出されていることから、硝化反応が進行していると考えられる。

11 月 7 日時点において、pH が高いことから、アンモニアの揮散につながっていると考えられる。

①試料に含まれていた水の窒素の各形態

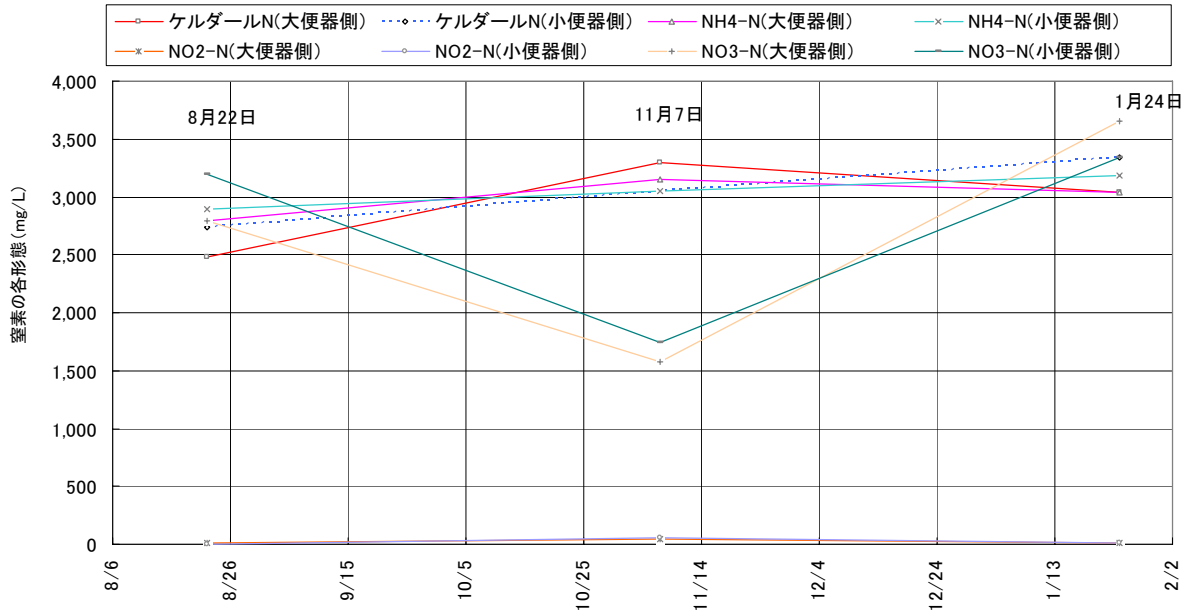


図 6-37 窒素各態

表 6-36 窒素各態

		8/22	11/7	1/24
ケルダール N(大便器側)	mg/L	2,790	3,300	3,040
ケルダール N(小便器側)	mg/L	2,890	3,060	3,340
NH_4-N(大便器側)	mg/L	2,480	3,150	3,040
NH_4-N(小便器側)	mg/L	2,740	3,060	3,190
NO_2-N(大便器側)	mg/L	15	49	17
NO_2-N(小便器側)	mg/L	0	55	17
NO_3-N(大便器側)	mg/L	2,790	1,580	3,650
NO_3-N(小便器側)	mg/L	3,200	1,750	3,340

[参考]

アンモニア性窒素とは、アンモニウムイオンとして存在する窒素量を表す。亜硝酸性窒素は、亜硝酸イオンの形で存在する窒素量を表し、主にし尿および下水に由来するアンモニアが生物化学的に酸化されて生成する。硝酸性窒素は、硝酸イオンの形で存在する窒素量で、水中に存在する様々な窒素化合物が生物化学的酸化を受けて生じた最終生成物である。

6-5-3.分離液の性状分析結果

(10)pH

図 6-38 及び表 6-37 にpH の推移を示す。

11/7 の時点でpH が上昇していることについては、硝化の影響によるものと考えられる。

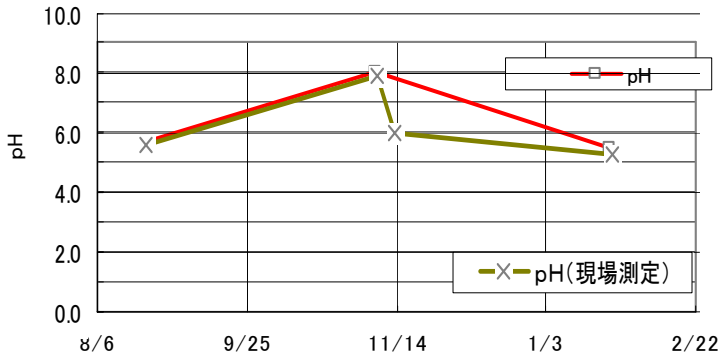


図 6-38 pH

表 6-37 pH

pH	8/22	11/7	11/13	1/24
	5.7	8.0	-	5.5
現場測定	5.6	7.9	6.0	5.3

(11)ORP

図 6-39 及び表 6-38 にpH の推移を示す。

全般的に＋の高い値となっているため、酸化状態であることが確認される。

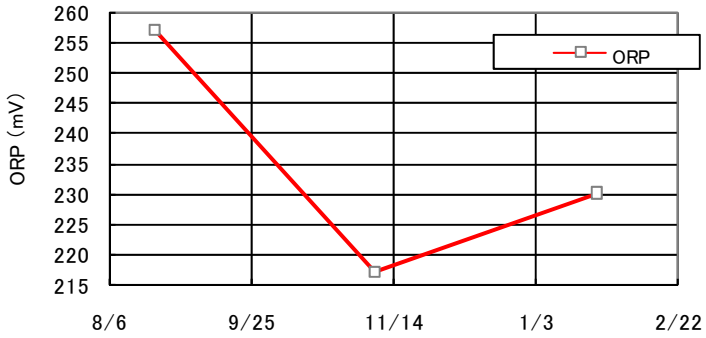


図 6-39 ORP

表 6-38 ORP

		8/22	11/7	1/24
ORP	(mV)	257	217	230

(12)TOC

図 6-40 及び表 6-39 に TOC の推移を示す。

TOC は日数の経過とともに減少の傾向があり、有機物の酸化分解の進行が認められる。

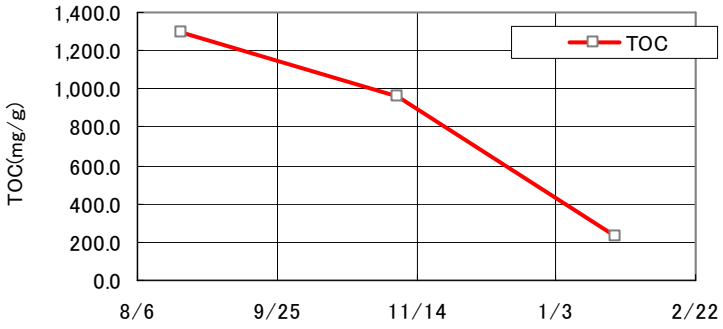


図 6-40 TOC

表 6-39 TOC

		8/22	11/7	1/24
TOC	mg/L	1,300	960	230

(13)電気伝導率

図 6-41 及び表 6-40 に電気伝導率の推移を示す。

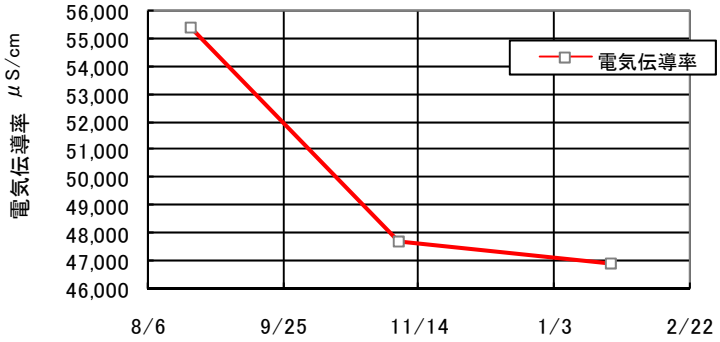


図 6-41 電気伝導率

表 6-40 電気伝導率

		8/22	11/7	1/24
電気伝導率	μS/cm	55,400	47,700	46,900

(14)大腸菌、大腸菌群(分離液)

図 6-42 及び表 6-41 に分離液中の大腸菌の推移を示す。

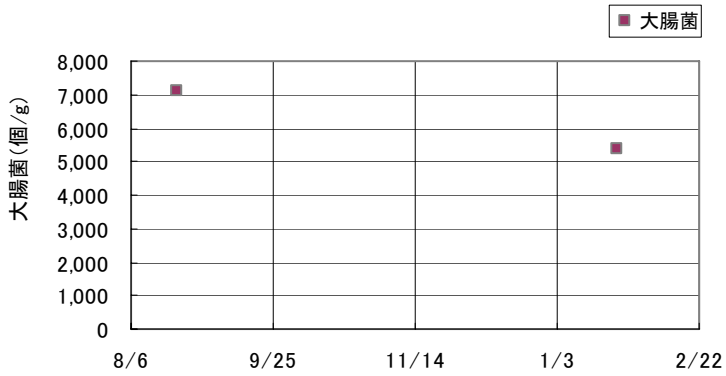


図 6-42 大腸菌

表 6-41 大腸菌

		8/22	11/7	1/24
大腸菌	個/g	7,100	異常値	5,400

図 6-43 及び表 6-42 に分離液中の大腸菌群の推移を示す。

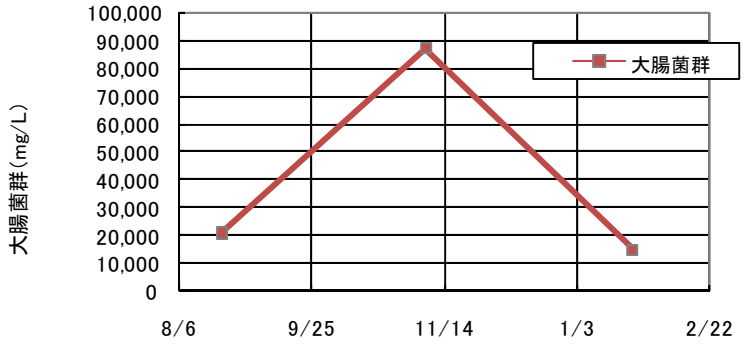


図 6-43 大腸菌群

表 6-42 大腸菌群

		8/22	11/7	1/24
大腸菌群	mg/L	21,000	87,000	15,000

以上、示したように分離液には大腸菌群が検出されたことから、引き抜き時には安全対策の必要性が確認された。

6-6 処理性能のまとめ

平成 19 年 8 月 8 日～平成 20 年 1 月 24 日(170 日間)の調査期間において、カウンターの誤作動等を除き、トイレが利用された日は 131 日間である。この期間の総利用回数は 4990 人回であった。このような負荷状況において得られた処理性能を以下に整理する。

①混合・撹拌能力

本装置は、上部槽内の杉チップ材を撹拌するための装置としてスクリューを備えており、トイレ使用後にボタンを押した場合に作動する。ボタンを押さない場合でも1回／90 分は定期的に作動するよう設定されている。12 月と 1 月に上部槽内から異常音が生じたため、メーカーと連絡をとり、異物混入があるかどうかを確認し、チェーンの緩みを調整することで対応した。1 月 25 日には、上部槽内の撹拌アームの一本が折れたことが確認された。

期間中に発生した異常音と撹拌アームの破損に関しては、関連性が高いが原因を究明できなかった。撹拌アームは装置を稼動する上で非常に重要な役割を担うことから、今回の破損については改善策を含め慎重な対応が必要であることが指摘された。

②水分調整

木質系の資材を用い、水を使用しないタイプのトイレは、処理槽内の媒体の水分蒸発能力が処理性能を左右する重要な役割を担う。一般的には、水分過多の場合はヒーター等を用いて強制的に蒸発させる場合が多いが、今回は申請者の希望によって、ヒーターを使用せずに実施した。利用が集中する 11 月までは、6-5-2(1)のとおり、含水率が上昇して杉チップが水分過多の状態となったため、杉チップ材の補充や、分離液を複数回引き抜くことが必要となった。また、11 月にはディーゼル発電機を用いてコンプレッサーを 2 時間程度稼動し、杉チップの水分を強制的に蒸発させることを試みたが、期待する効果が得られなかった。その後は、杉チップ材の補充等は必要なかった。これは、夏季の気温が 30℃近くあり、湿度が約 80%あったものが、11 月からは気温が下がるとともに湿度が 70%程度まで低下したことにより、水分が蒸発したものと考えられる。

本装置において杉チップ材の含水率の適正値は約 60～65%であるが、試験期間においては概ね 70%前後であった。なお、6-5-1(5)のとおり、アンモニアガスが 8ppm確認された 11 月 7 日時点の木質資材の含水率は、大便器側で 75%、小便器側で 73.8%であった。

③臭気

上部槽内および換気扇付近においてアンモニアガス濃度と硫化水素ガス濃度を測定した結果、検出されたものはアンモニアガスのみで、それ以外は検出限界以下であった。利用者アンケート結果や専門管理時の結果からも利用集中時以外は良好な結果が得られた。

pH が 8 以上になるとアンモニアが揮散して、アンモニア臭が漂うことになる。ここでは、分離液および杉チップ溶出液のpH はいずれも利用集中時である第 2 回目の試料分析結果以外は弱酸性であった。溶出液が弱アルカリ性を示した第 2 回目の時点では、換気扇から 8ppm のアンモニアガス(表 6-21 アンモニアガス濃度)が検出された。溶出液のpH が弱酸性の場合、アンモニアガスは検出限界以下であったことから、pH が弱酸性である時、本トイレからのアンモニア揮散による臭気はほとんどないといえる。

上部槽内は、撹拌作用と下部層からのエアーにより好気状態となり、酸化が進んでいたことが確認された。また、下部層では、ブロワによるばっ気でアンモニアの硝化反応を促進させ、pH を低下させることで、アンモニアの揮散を防止し、結果として臭気の発生を抑えることができていた。一般的に分離液が腐敗している場合、ORP は－300～－400mVとなるが、分析結果では 217～257mVという値を示していることからも腐敗が抑制されていることが確認できた。

7. 本装置導入に向けた留意点

7-1 自然条件およびインフラ整備条件からの留意点

本装置は水を必要としないため、山岳地や離島などの自然地域のなかでも、水が豊富でない地域にとっては有効な技術の一つである。本装置のように水を使用せず、し尿を木質系のチップ材と撹拌して処理する方式は、一般的にヒーター等の加熱装置を有しており、水分を強制的に蒸発させることが多い。本装置もヒーターを備えているが、今回の実証は平均気温が高い竹富島での実施となったため、申請者の希望でヒーターを使用しないこととした。寒冷地への設置には保温や加温が必須となるため、今後はヒーターを稼動した際の実証が必要である。

電力確保に関する留意点

電力の供給については、太陽光パネルからの発電のみで実施した。天候不順により日照時間が十分とれない場合でも、ある程度はトイレを利用することができることが確認されたが、杉チップ槽内の撹拌を行うことや分離液のばっ気ができなくなるため、事前に日照時間を調査し、効果的な場所を選定して設置することが必要であり、蓄電方法を工夫することも有効である。今回の実証装置は、無日照期間を 3 日間として設計されたものであるが、試験結果では撹拌装置が稼動できなかった日が複数あることが確認されたため、緊急用のバックアップ電源を確保することも検討する必要がある。

台風対策について

本実証地域は、毎年、大型の台風が通る場所であるため、台風対策を徹底したうえで実証試験を実施した。トイレの四隅に 500kg のコンクリートブロックを 4 つ設置したため、風への対策は十分であったが、その一方で当初設置してあった臭突や換気口では、雨水が槽内に吹き込むことが危惧されたため、途中で T 字型のものに変更し、雨水が吹き込んでも槽内に浸入するまえに除去できるよう配慮した。雨風が強い地域ではこのような対応が効果的と考えられる。

高温、多湿地域での留意点

沖縄のように気温・湿度が比較的高い地域の夏季においては、杉チップ槽内の水分蒸発はあまり期待できず、コンプレッサーに関しても短時間ではほとんど効果が見られないため、緊急対応としての乾燥・蒸発を促進するための工夫をする必要がある。

7-2 設計、運転、維持管理に関する留意点

設計上の留意点

杉チップ槽・分離液貯留槽について

杉チップの補充及び異物の混入対応の際に使用できる開口部を設置することが求められる。

また、分離液の貯留水位を測定することや必要に応じて引き抜くことが容易でない構造となっているため、専用の引き抜きバルブを設置するなどの改善が求められる。その際に、分離液の貯留量を増やすことも効果的であると考えられる。

今回発生したトラブルである、チェーンのゆるみの調整やアームの破損に対して、動作にかかる負荷などを再度検討し、より手間のかからないシステムづくりが必要である。

運転・維持管理に関する留意点

本装置は水分調整をヒーター以外で行う仕組みとして、余剰水を下部槽に分離する装置を備えている。分離した液体を下部槽でばっ気することで、酸化を促し、腐敗を抑制することができる点は臭気対策として有効である。実際に利用者からは、臭気や使用感に関して高い評価を得ていた。

利用集中時の留意点

利用集中時の対策としては、ヒーターやコンプレッサーの稼動方法、それによる効果が実証できていないため、今後はそれらを含めたシステムとして確立することが望まれる。

衛生・安全上の留意点

し尿と杉チップ材を混合・撹拌することでし尿の減容化効果は期待できるが、し尿処理後に発生するものとして、分離液と杉チップの残渣が想定される。TOC や強熱減量、各窒素態の値から生物分解が起きていることが確認できたが、分離液と杉チップのいずれからも相当量の大腸菌群と大腸菌が存在することがわかった。そのため、杉チップ及び分離液の取り扱い作業においては、作業の安全・衛生面の専門性を持った作業員が行うことが必要である。

杉チップの性状の判断

杉チップを交換するタイミングとして、適正な色合い、不良な状況の色合い若しくは数値的な判断があれば補充、取り替えが容易に判断できると考えられる。また、杉チップの団子状の塊を粉砕する作業性などについては、羽根の形状の検討による塊の発生の抑制も必要である。日常管理上、含水率を判断するための基準を確立するための取り扱いマニュアルの充実も検討することが望ましい。

残渣の取扱の留意点

今回、引き抜きを行った分離液については圃場還元する形をとったが、残存する杉チップも含め、あらかじめ導入場所においての引き抜き方法（バキューム等）や、処理・処分方法を明確にしておく必要がある。

８．課題と期待

（成果）

本装置の利点は水を必要としないこと、ある程度の日照時間は必要となるが太陽光発電のみで稼動できることである。今回の実証期間においては日照時間が例年より少なかったことから、厳しい発電状況となり、発電できないまま利用した日も複数あったが、利用者に対して悪影響を及ぼすことなく運転することができたことは貴重な実績である。

とくに水分調整を目的として上部槽と下部槽で固液分離する仕組みは有効に機能し、分離された液体をばっ気することで腐敗を抑制できていることが確認できた。また、杉チップ槽内において硝化反応が進んでいることも確認でき、利用集中時以外はｐＨ を弱酸性に維持できていたため、アンモニアの揮散により臭気が発生することもなかった。

（課題）

湿度が高い時期は水分蒸発が期待できず、杉チップ材の補充、分離液の引き抜きの必要性が生じた。これら作業の必要性が生じることは問題ではないが、杉チップを補充・交換するタイミングの見分け方とその作業性、分離液を引き抜きやすい構造とすることや作業を容易にすることが課題である。杉チップ材の内部および分離液からは相当量の大腸菌・大腸菌群が検出されていることから、作業者の安全性・衛生性にも十分配慮し、専門性を持った者が作業することが必要である。また、最終処理・処分も含め検討が必要である。

試験期間中には、電力不足で撹拌装置が作動しないため、し尿が堆積することも確認された。応急対応としてのバックアップ電源やコンプレッサーの作動も含めた運用方法を確立することが望まれる。

また、杉チップを撹拌するためのアームの破損も確認された。本装置において撹拌機能は重要な役割を担う部分であるため、原因を究明し、改善することが必要である。

（期待）

太陽光発電のみで稼動する装置は、自然環境地域において非常に有効であり、ニーズも多いことから、できるだけ安定的に稼動できるよう蓄電方法などを改良し、効率アップすることが望まれる。また、前述のとおり固液分離する仕組みや臭気抑制の効果が確認できたことから、負荷変動や湿度対策を中心に改善を図ることで装置としての完成度があがることが期待される。

また、今回の試験期間において、例年とは異なる日照の不足する状態においても安定稼動ができるよう、バックアップ用の電源の検討も必要であるが、より効率的な発電ができるよう検討することも効果的であると考えられる。

以上のようなことを踏まえ、維持管理も含めたトータルシステムとして確立されれば、海岸や離島にふさわしい自立型のトイレとして機能すると考えられる。将来的には、し尿の資源化も含めた循環装置としての可能性も追求し、国内にとどまらず途上国支援も視野に入れて技術開発に取り組んでもらいたい。